

Rec'd PCT/PTO 12 JAN 2005

PCT/JP 03/09929 #2

05.08.03

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 19 SEP 2003

WFO PCT

10/521055  
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 9月17日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-270139  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2002-270139]

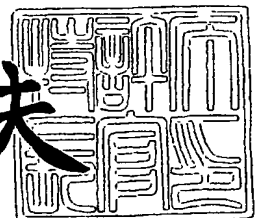
出願人 株式会社リコー  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3072770

【書類名】 特許願

【整理番号】 0205504

【提出日】 平成14年 9月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B41J 2/045  
F04B 43/00  
G02F 2/00

【発明の名称】 アクチュエータ、その製造方法、液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、インクジェット記録装置、マイクロポンプ及び光変調デバイス

【請求項の数】 22

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 黒田 隆彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 阿部 修也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 橋本 憲一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 西村 学

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 田中 誠

## 【特許出願人】

【識別番号】 000006747  
【氏名又は名称】 株式会社リコー  
【代表者】 桜井 正光

## 【代理人】

【識別番号】 100079843  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 高野 明近

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100112313  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 岩野 進

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014465  
【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9904834

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクチュエータ、その製造方法、液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、インクジェット記録装置、マイクロポンプ及び光変調デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

静電力で変位する振動板と該振動板に空隙を介して対向する電極から構成され、前記空隙は犠牲層除去孔を用いた犠牲層プロセスで形成されたアクチュエータにおいて、前記振動板の短辺長は、 $150\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 2】

前記空隙は $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記犠牲層プロセスは、ドライエッチングにより行われることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記空隙を形成するための犠牲層除去孔は、前記振動板と電極に挟まれた 1 つの前記空隙のみに連通していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記犠牲層除去孔は、前記振動板の振動領域から $1\mu\text{m}$ 以上且つ前記振動板の短辺長の $1/2$ 以下の距離に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

前記犠牲層除去孔は、前記振動板の対向する長辺に沿って互いに対向して形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 いずれかに記載のアクチュエータ。

【請求項 7】

隣接する前記犠牲層除去孔間の間隔は、前記振動板の短辺長以下の距離であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 8】**

前記犠牲層除去孔は、前記振動板の角部から前記振動板の短辺長の  $1/2$  以下の距離に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 9】**

前記犠牲層除去孔が、前記振動板領域に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4、7 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 10】**

前記犠牲層除去孔の断面積は、 $0.19 \mu\text{m}^2$  以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 11】**

前記犠牲層除去孔は、前記振動板を貫通していることを特徴とする請求項 1 乃至 10 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 12】**

前記犠牲層除去孔は、樹脂で封止されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 13】**

前記犠牲層除去孔は、前記振動板の構成膜の一部で封止されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 14】**

前記犠牲層除去孔は、前記振動板間の隔壁と接合される母材界面で封止されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 いずれかに記載のアクチュエータ。

**【請求項 15】**

静電力で変位する振動板と該振動板に空隙を介して対向する電極から構成され、前記空隙を犠牲層プロセスで形成するアクチュエータの製造方法において、前記振動板の短辺長は、 $150 \mu\text{m}$  以下に形成し、前記振動板の長辺に沿って設けられた犠牲層除去孔を用いてエッチングを行うことを特徴とするアクチュエータの製造方法。

**【請求項 16】**

前記空隙は $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項15記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項17】

前記犠牲層プロセスは、ドライエッチングにより行われることを特徴とする請求項15または16記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項18】

吐出室内の液体を加圧する請求項1乃至14いずれかに記載のアクチュエータと、前記吐出室を形成する基板と、ノズル孔を有する基板を積層したことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項19】

インク滴を吐出する請求項18記載の液滴吐出ヘッドと、該液滴吐出ヘッドにインクを供給するインクタンクを一体化したことを特徴とするインクカートリッジ。

【請求項20】

インク滴を吐出する請求項18記載の液滴吐出ヘッドからなるインクジェットヘッドを搭載したことを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項21】

請求項1乃至14いずれかに記載のアクチュエータの振動板を変形させて液体を輸送することを特徴とするマイクロポンプ

【請求項22】

請求項1乃至14いずれかに記載のアクチュエータの振動板を変形させるとともにミラーを変形させて光の反射方向を変化させることを特徴とする光変調デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はアクチュエータ、その製造方法、液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、インクジェット記録装置、マイクロポンプ及び光変調デバイスに関し、さらに詳しくは、静電気力により振動板を振動させるアクチュエータにおいて、個別

電極と振動板間の間隙を犠牲層プロセスによって形成し、各アクチュエータの特性のバラツキが少なく、低電圧駆動が可能なアクチュエータ、その製造方法、及びアクチュエータの応用製品である液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、インクジェット記録装置、マイクロポンプ及び光変調デバイスに関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

プリンタ、ファクシミリ、複写装置等の画像記録装置或いは画像形成装置として用いるインクジェット記録装置において使用する液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドは、インク滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する吐出室（加圧液室、圧力室、インク流路等とも称する。）と、吐出室内のインクを加圧する圧力を発生する圧力発生手段とを備え、圧力発生手段で発生した圧力で吐出室内のインクを加圧することによってノズルからインク滴を吐出させ、記録媒体上に画像を形成する。

#### 【0003】

このような液滴吐出ヘッドとしては、圧力発生手段として圧電素子等の電気機械変換素子を用いて吐出室の壁面を形成している振動板を変形、変位させることでインク滴を吐出させるピエゾ型、吐出内に配設した発熱抵抗体等の電気熱変換素子を用いてインクの膜沸騰でバブルを発生させてインク滴を吐出させるバブル型（サーマル型）、吐出室の壁面を形成する振動板を静電力で変形させることでインク滴を吐出させる静電型等がある。

#### 【0004】

近年、環境問題から鉛フリーであるバブル型、静電型が注目を集め、鉛フリーに加え低消費電力の観点からも環境に影響が少ない静電型のものが多くの出願人から複数のタイプのものが提案されている。

#### 【0005】

静電型インクジェットヘッドとしては、一対の電極が空隙を介して設けられており、片方の電極が振動板として働き、振動板の対向する電極と反対側にインクが充填されている形態である。電極対に電圧を印加することによって電極間に静電引力が働き、電極（振動板）が変形し、電圧を除去すると振動板が弾性力によ

ってもとの状態に戻り、その力を用いてインクを吐出するものが知られている。  
(例えば、特許文献1参照。)

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平6-71882号公報、  
特開2001-18383号公報、  
再公表特許WO99/34979

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

静電型インクジェットヘッドでは、振動板と電極間隔、すなわち空隙の寸法精度がその性能に大きく影響を及ぼす。特にインクジェットヘッドの場合、各アクチュエータの特性のバラツキが大きければ印字精度、画質の再現性が著しく低下することとなる。また、低電圧化を目指す場合、空隙間隔が $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度となり、より寸法精度が求められる。例えば、特開平6-71882号公報に記載されたインクジェットヘッドでは、振動板を形成した基板と凹部を形成し、且つ凹部に電極を形成した基板とを接合することにより液滴吐出ヘッドを形成している。従って、所望する空隙を形成するためには、凹部形成、電極形成、接合等、多くの工程における加工時の寸法バラツキが含まれるため、空隙の寸法バラツキは大きくなる。従って、得られるインクジェットヘッド特性のバラツキが大きくなり、高精度で且つ高い信頼性を有するヘッドが得にくいという欠点がある。

#### 【0008】

以上より、信頼性の高いヘッドを得るためには、空隙の寸法バラツキを抑えることが重要となる。空隙の寸法バラツキを抑えるためには、空隙寸法を決定する工程を極力少なくすることが求められる。

このような観点から、例えば特開2001-18383号公報、再公表特許WO99/34979に記載されている犠牲層プロセスを適用することにより振動板、空隙、電極を1つの基板で形成することが提案されている。この方法により、空隙寸法は、ほぼ犠牲層成膜工程のバラツキのみで決まるため、寸法バラツキ



を抑えることができ、高精度で信頼性の高いインクジェットヘッドを得ることができる。

#### 【0009】

しかし、再公表特許WO99/34979に記載されたインクジェットヘッドでは、犠牲層除去を行った後の犠牲層抜き孔を真空装置を用いたPVD法或いはCVD法を用いてNi、SiN<sub>2</sub>等で塞いでいるため、成膜製法であるがゆえに成膜成分が空隙内に侵入する可能性がある。また、犠牲層除去孔は隔壁の強度確保することを兼ねており、あまり小さくできないことから高密度化には適さない。以上より、アクチュエータの動作特性、及び信頼性に悪影響を及ぼし、高密度化に対応できないと考えられる。

#### 【0010】

特開2001-18383号公報に記載されたインクジェットヘッドでは、隔壁部と振動板部にその構成上段差が生じており、流路基板の接合に高い精度が要求されるとともに、薄い振動板が犠牲層を除去した段階で周囲から浮いた状態になるため、後工程におけるダメージを受ける可能性があり、歩留まり良く製造することが困難である。

#### 【0011】

犠牲層除去孔を真空装置を用いた成膜方法で形成した膜で封止しているが、真空装置での成膜の場合、処理が真空中のため空隙が真空封止される。従って、大気暴露すると空隙内が負圧のため振動板が撓み、所望する変位量が得られない不具合が生ずるばかりでなく、撓みにバラツキがあると変位バラツキを生じる。加えて真空封止では、空隙内の気体のダンパー効果が無いので振動板厚さバラツキに対する振動変位のバラツキが大きくなる。このような不具合を解決するためには、大気開放する構造やプロセスが必要となり、コストアップ、歩留まり低下等をもたらす要因となる。

以上のように、従来技術では安価で高精度、且つ高信頼性の静電力を用いたアクチュエータを得ることが困難な場合がある。

#### 【0012】

本発明は前記課題に鑑みてなされたものであり、従来技術では困難であった高

精度、高密度、且つ高い信頼性を有するアクチュエータを得ることができ、比較的簡単に低電圧駆動が可能で、インク吐出効率が高く、高画質印字が可能な液滴吐出ヘッド、この液滴吐出ヘッドを一体化したインクカートリッジ、この液滴吐出ヘッドを搭載したインクジェット記録装置、及びこのアクチュエータを用いたマイクロポンプ、光変調デバイスを提供することを目的とする。

また、静電気力により振動板を振動させるアクチュエータにおいて、個別電極と振動板間の間隙を犠牲層プロセスによって形成し、犠牲層除去孔の構成を最適化することによって各アクチュエータの特性のバラツキが少なく、低電圧駆動が可能なアクチュエータ、その製造方法、及びアクチュエータの応用製品である液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、インクジェット記録装置、マイクロポンプ及び光変調デバイスを提供することを目的とする。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、前記目的を達成するためになされたもので、請求項1の発明は、静電力で変位する振動板と該振動板に空隙を介して対向する電極から構成され、前記空隙は犠牲層除去孔を用いた犠牲層プロセスで形成されたアクチュエータにおいて、前記振動板の短辺長は、 $150\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とし、これにより、犠牲層厚みのみで空隙間隔を精度良く形成することができ、犠牲層エッチングが量産性のある加工条件で高精度、高密度、且つ高い信頼性をもって行うことができるアクチュエータを得ることができる。

#### 【0014】

請求項2の発明は、請求項1記載のアクチュエータにおいて、前記空隙は $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ であることを特徴とし、これにより、低電圧駆動が可能で高精度、高密度、且つ高い信頼性を有するアクチュエータを得ることができる。

#### 【0015】

請求項3の発明は、請求項1または2記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層プロセスは、ドライエッチングにより行われることを特徴とし、これにより、加工精度が良く、エッチング後の洗浄、乾燥が必要なく、加工時の空隙寸法のバラツキの少ないアクチュエータを得ることができる。

## 【0016】

請求項4の発明は、請求項1～3記載のアクチュエータにおいて、前記空隙を形成するための犠牲層除去孔は、前記振動板と前記電極に挟まれた1つの前記空隙のみ連通していることを特徴とし、これにより、隣接アクチュエータ間の隔壁に不連続部分が生じないため、上部基板との貼り合せ強度が十分確保でき、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

## 【0017】

請求項5の発明は、請求項1～4記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、前記振動板の振動領域から $1\mu\text{m}$ 以上且つ前記振動板の短辺長の $1/2$ 以下の距離に形成されていることを特徴とし、これにより、犠牲層除去孔による振動板特性の劣化を防ぎ、且つ隔壁部と上部基板との貼り合せ面積を十分確保しつつ、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

## 【0018】

請求項6の発明は、請求項1～5記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、前記振動板の対向する長辺に沿って互いに対向して形成されていることを特徴とし、これにより、犠牲層を効率良く、確実に除去することが可能となり、製造工程の歩留まりが向上し、またアクチュエータの品質向上が図られる。

## 【0019】

請求項7の発明は、請求項1～6記載のアクチュエータにおいて、隣接する前記犠牲層除去孔間の間隔は、前記振動板の短辺長以下の距離であることを特徴とし、これにより、効率良く、且つ確実に犠牲層を除去することが可能となり、製造工程の歩留まり向上、及びアクチュエータの品質向上が図られる。

## 【0020】

請求項8の発明は、請求項1～7記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、前記振動板の角部から前記振動板の短辺長の $1/2$ 以下の距離に形成されていることを特徴とし、これにより、振動板全域での犠牲層を効率良く且つ確実に除去できるため、製造工程の歩留まりが向上し、またアクチュエータの品質向上が図られる。

## 【0021】

請求項 9 の発明は、請求項 1 ～ 4、7 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔が、前記振動板領域に形成されていることを特徴とし、これにより、隔壁部の面積が犠牲層除去孔領域に一部占領されることがないため、上部基板との隔壁部での接触面積が十分確保でき、十分な貼り合せ強度を得ることができ、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

#### 【0022】

請求項 10 の発明は、請求項 1 ～ 9 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔の断面積は、 $0.19 \mu\text{m}^2$  以上であることを特徴とし、これにより、安定且つ確実に犠牲層を除去でき、製造工程の歩留まりを向上させ、安定したアクチュエータを作製することができる。

#### 【0023】

請求項 11 の発明は、請求項 1 ～ 10 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、前記振動板を貫通していることを特徴とし、これにより、最終工程で犠牲層を除去することができ、犠牲層を除去した後のデリケートな振動板に後工程での負荷を最小限にすることができ、製造工程での歩留まり向上、及びアクチュエータの品質向上が図られる。

#### 【0024】

請求項 12 の発明は、請求項 1 ～ 11 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、樹脂で封止されていることを特徴とし、これにより、負圧による振動板撓みが無く、空隙内を大気開放する構造やプロセスが必要ないことから、比較的容易にでき、製造コスト、工程を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

#### 【0025】

請求項 13 の発明は、請求項 1 ～ 12 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲層除去孔は、前記振動板の構成膜の一部で封止されていることを特徴とし、これにより、犠牲層除去孔が振動板構成の一部で封止されているので、製造コスト、工数を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

#### 【0026】

請求項 14 の発明は、請求項 1 ～ 12 記載のアクチュエータにおいて、前記犠牲

犠層除去孔は、前記振動板間の隔壁と接合される母材界面で封止されていることを特徴とし、これにより、犠層除去孔を封止するための工程が不要となり、製造工数を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

#### 【0027】

請求項15の発明は、静電力で変位する振動板と該振動板に空隙を介して対向する電極から構成され、前記空隙を犠層プロセスで形成するアクチュエータの製造方法において、前記振動板の短辺長は、 $150\mu\text{m}$ 以下に形成し、前記振動板の長辺に沿って設けられた犠層除去孔を用いてエッチングを行うことを特徴とし、これにより、犠層厚みのみで空隙間隔を精度良く形成することができ、犠層エッチングが量産性のある加工条件で高精度、高密度、且つ高い信頼性をもって行うことができる。

#### 【0028】

請求項16の発明は、請求項15記載のアクチュエータの製造方法において、前記空隙は $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ であることを特徴とし、これにより、低電圧駆動が可能で高精度、高密度、且つ高い信頼性を有するアクチュエータを低コストで作製することができる。

#### 【0029】

請求項17の発明は、請求項15、16記載のアクチュエータの製造方法において、前記犠層プロセスは、ドライエッチングにより行われることを特徴とし、これにより、加工精度が良く、エッチング後の洗浄、乾燥が必要なく、空隙寸法のバラツキの少ないアクチュエータを作製することができる。

#### 【0030】

請求項18の発明は、吐出室内の液体を加圧する請求項1～14記載のアクチュエータと、前記吐出室を形成する基板と、ノズル孔を有する基板を積層した液滴吐出ヘッドであることを特徴とし、これにより、請求項1～14に記載のアクチュエータの特徴に加え、性能バラツキの少なく、高精度で高信頼性を具備した液滴吐出ヘッドを低コストで提供することができる。

#### 【0031】

請求項19の発明は、インク滴を吐出する請求項18記載の液滴吐出ヘッドと

、該液滴吐出ヘッドにインクを供給するインクタンクを一体化したインクカートリッジであることを特徴とし、これにより、製造不良が減少し、低コスト化を図ることができる。

#### 【0032】

請求項20の発明は、インク滴を吐出する請求項18記載の液滴吐出ヘッドからなるインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置であることを特徴とし、これにより、インクジェット記録装置の製造不良が減少し、低コスト化を図ることができる。

#### 【0033】

請求項21の発明は、請求項1～14記載のアクチュエータの振動板を変形させて液体を輸送するマイクロポンプであることを特徴とし、これにより、小型で、低消費電力のマイクロポンプが実現できる。

#### 【0034】

請求項22の発明は、請求項1～14記載のアクチュエータの振動板を変形させるとともにミラーを変形させて光の反射方向を変化させる光変調デバイスであることを特徴とし、これにより、小型で、低消費電力の光変調デバイスが実現できる。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図1～図22を参照して説明する。

(第1実施例) (請求項1～8、10～13、15～18)

図1は、本発明の第1実施例の液滴吐出ヘッドを示す分解斜視図で、一部断面図で示してある。

第1実施例の液滴吐出ヘッドは、インク液滴を基板の面部に設けたノズル孔から吐出させるサイドシュータタイプの例を示すものである。本実施例のインクジェットヘッドは、後記する構造を有する第1の基板1、第2の基板2、第3の基板3を重ねた積層構造となっている。

#### 【0036】

第1の基板1は、＜110＞シリコン基板上に積層膜により個別電極4と、空

隙 7 を介して振動板 5 が形成されている。空隙 7 は、後に除去することを前提とした犠牲層を個別電極材料や振動板材料と同様に積層膜として成膜しておき、後に犠牲層除去孔から犠牲層を除去することで形成する。

また、第 1 の基板 1 の上面に接合される第 2 の基板 2 には、 $\langle 110 \rangle$  シリコン基板に振動板 5 上に振動板を底壁とする吐出室 6 と、各々の吐出室 6 にインクを供給するための共通液室 10 を有する。

第 2 の基板の上面に接合される第 3 の基板 3 には、厚さ 50 ミクロンのニッケル基板を用い、第 2 の基板 2 の面部に、吐出室 6 と連通するようにそれぞれノズル孔 8、共通液室 10 と吐出室 6 を連通させる流体抵抗となる溝 9 を設け、また共通インク室 10 と連通するようにインク供給口 11 を設ける。

#### 【0037】

以上のように構成された液滴吐出ヘッドの動作を説明する。

吐出室 6 内がインクにより満たされた状態で個別電極 4 に発振回路により 40 V のパルス電位を印加する。電圧印加により個別電極 4 の表面がプラスに帯電すると、振動板 5 との間に静電気の吸引作用が働き振動板 5 が下方へ撓み、共通液室 10 より流体抵抗となる溝 9 を通じて吐出室 6 へインクが流入する。その後個別電極 4 へのパルス電圧を 0 V にすると静電気力により下方へ撓んだ振動板 5 が自身の剛性により元に戻る。その結果、吐出室 6 内の圧力が急激に上昇し、ノズル孔 8 よりインク液滴を記録紙に向けて吐出する。これを繰り返すことによりインクを連続的に吐出することができる。

#### 【0038】

電極間に働く力  $F$  は式 1 に示すように電極間距離  $d$  の 2 乗に反比例して大きくなる。低電圧で駆動するためには個別電極 4 と振動板 5 の空隙間隔を狭く形成することが重要となる。

#### 【0039】

$$F = \epsilon S V^2 / 2 d^2 \dots \dots \text{(式 1)}$$

ただし、 $\epsilon$  : 誘電率

$S$  : 電極の対向する面の面積

$d$  : 電極間距離

V:印加電圧

【0040】

本発明の液滴吐出ヘッドでは、個別電極4と振動板5間の微小な空隙7の間隔を精度良く且つ安定して製造することが可能であり、静電力による振動板5の動作を最大となるよう設計することができる。

【0041】

次に、第1実施例の液滴吐出ヘッドの作製方法、構成等を実施例に基づいて説明する。

図2は、第1実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板の一部を除いて示す平面図である。

図3は、図2に示す液滴吐出ヘッドの第1の基板を示す断面図で、図3(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図2のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

【0042】

図2に示すように、振動板領域34は、分離溝33で隔壁部36から分離されており、図3に示す振動板29の膜構成は下層から絶縁膜25、上部電極26、窒化膜27、および樹脂膜28から構成されている。分離溝33は、隔壁部36と振動板領域34で段差が生じないように設計されている。また、振動板領域34の短辺長、長辺長は例えば短辺長a:120 $\mu$ m、長辺長b:800 $\mu$ mであり、振動板29を静電気力で変位させるために、電圧を印加できるようになっており、下部電極23aがSi基板21上に絶縁膜22を介してパターンニングされている。振動板29を変位させるための空隙24aが例えば0.2 $\mu$ m幅で形成されている。空隙形成には、犠牲層プロセスを用いており、振動板29の構成膜に上部電極開口部32を介して犠牲層除去孔31が形成されている。犠牲層除去孔31は、振動板領域34の長辺長b方向に等間隔に短辺長a以下の間隔で配置されており、対向する辺の同位置に犠牲層除去孔31が形成されている。このように犠牲層除去孔31を複数配置することにより、効率良く犠牲層をエッチングすることができ空隙24aを形成することができる。

【0043】



液滴吐出ヘッドがインクジェットヘッドである場合、インクを吐出するアクチュエータは細長い長方形であり、この長辺側には隔壁部 36 を挟んで隣のアクチュエータが並んでいるのが一般的である。犠牲層エッチングは、等方性のため、振動板領域 34 の中央に犠牲層除去孔 31 が並んでいる方が犠牲層の除去効率は高い。しかし、振動領域 34 に犠牲層除去孔 31 があると、アクチュエータの振動特性に影響を及ぼす可能性があるため、犠牲層除去孔 31 は振動板長辺端に配置することが好ましい。但し、犠牲層除去孔 31 は、振動板変位への影響を避けるため、 $1\mu\text{m}$  以上離れており、隔壁強度を確保するために隔壁部 36 幅の  $1/2$  以内の距離に配置することが好ましい。

#### 【0044】

インクジェットのアクチュエータでは、高い剛性の振動板を低電圧で変形させるため、 $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$  といった狭空隙間隔を形成する必要がある。従って、犠牲層除去孔 31 を介して、閉ざされた空間の犠牲層をエッチングすることは、非常に困難である。

#### 【0045】

図 20 は、犠牲層をエッチングによって除去する際、犠牲層除去孔から反応面までの距離とエッチング時間の関係を示す図である。

SF<sub>6</sub>を用いた等方性プラズマエッチングにより犠牲層除去孔 31 を介して閉ざされた空間の犠牲層を除去する場合、図 20 に示すようにエッチング時間は犠牲層除去孔 31 からの距離に依存し、換言するとエッチング量は犠牲層除去孔 31 からの距離に依存し、 $75\mu\text{m}$  以上で飽和する傾向にあることから、犠牲層除去孔 31 を振動板の両長辺部に配置する場合、短辺長は、エッチング量が飽和する  $150\mu\text{m}$  ( $75\mu\text{m}\times 2$ ) 以下にすることが望ましい。短辺長が  $150\mu\text{m}$  以上であれば、処理時間が長くなり非エッチング領域（マスク材等）が除々にエッチングされ、無視できない量のエッチングが成されず不具合を生ずる。また、処理時間が長くなるとプロセスコストが大きくなり量産性に問題が生ずる。

#### 【0046】

犠牲層除去孔 31 間の間隔（ピッチ）は、犠牲層エッチングの観点から狭い方がエッチング効率向上が期待できる。従って、効率よい犠牲層エッチングを得る

ためには、犠牲層除去孔 31 の間隔を短辺長以下とすることが望ましい。

図 21 は、犠牲層除去孔間の距離と犠牲層エッチングの関係を説明するための図である。

図 21 (A), (B) に示すように、振動板長辺端に配置された犠牲層除去孔間の距離 (ピッチ)  $c$  が、振動板短辺長  $a$  に対し、 $a > c$ 、あるいは  $a = c$  の場合、短辺方向の振動板領域の犠牲層がエッチングされた後、残った犠牲層は比較的少ないオーバーエッチで効率良くエッチングされる。

これに対し、図 21 (C) に示すように、 $a < c$  の場合、短辺方向の振動板領域の犠牲層がエッチングされた後もかなりの犠牲層が残っている。特に犠牲層除去孔間の距離  $c$  が図 20 に示す  $150 \mu\text{m}$  ( $75 \mu\text{m} \times 2$ ) より大きければ、犠牲層を完全にエッチングするために非常に長い時間を必要とする。このため、非エッチング膜が除々にエッチングされ無視できないエッチ量となり、不具合を生ずる。

したがって、犠牲層除去孔の間隔  $c$  を振動板短辺長  $a$  以下とすることにより、等方的に犠牲層をエッチングする場合、効率良く、且つ確実に犠牲層を除去することが可能となり、製造工程の歩留まり向上、及びアクチュエータの品質向上が図られる。

#### 【0047】

図 22 は、犠牲層長辺端に配置された犠牲層除去孔と振動板の関係を説明するための図である。

図 22 (A), (B) に示すように、犠牲層長辺端に配置された犠牲層除去孔と振動板端との距離  $d$  が振動板短辺長  $a$  に対し、 $a/2 > d$ 、あるいは  $a = d$  の場合、振動板端の犠牲層は短辺方向の犠牲層がエッチングされる以前に十分エッチングされている。

これに対し、図 22 (C) に示すように、 $a/2 < d$  の場合、振動板端以外の犠牲層がエッチングされた後も犠牲層が残る。特に、 $d$  が  $150 \mu\text{m}$  ( $75 \mu\text{m} \times 2$ ) 以上の場合、図 20 に示すように犠牲層を完全にエッチングするために非常に長い時間を必要とする。このため、非エッチング膜が除々にエッチングされ無視できないエッチ量となり、不具合を生ずる。

したがって、犠牲層除去孔を振動板角部端からの距離  $d$  を振動板短辺長  $a$  の  $1/2$  以下に形成することにより、振動板全域での犠牲層を効率良く且つ確実に除去できるため、製造工程の歩留まりが向上し、またアクチュエータの品質向上が図られる。

#### 【0048】

犠牲層除去孔 31 の大きさは、犠牲層エッチングの観点からは、大きい方がよいが、犠牲層除去孔 31 を振動板長辺部に配置する場合、振動板変位領域への影響、隔壁部 36 強度の確保、樹脂膜による犠牲層除去孔封止の観点からは、小さい方が好ましい。この相反する条件を満たす犠牲層除去孔 31 の大きさを決める必要がある。

#### 【0049】

しかし、犠牲層の除去性からは、小さい場合、複数の犠牲層除去孔を多列に配置する等に対応できるため、加工限界で犠牲層除去孔の大きさは決まる。

犠牲層除去孔 31 は一般的な半導体プロセスを用いて開口させるため、写真工程の解像限界及び犠牲層除去孔形成のエッチング限界を考慮すると犠牲層除去孔の振動板平面から見た断面積は  $0.19 \mu\text{m}^2$  以上が望ましい。

#### 【0050】

次に、液滴吐出ヘッドのアクチュエータの製造工程について説明する。

図 4 は、第 1 実施例の液滴吐出ヘッドにおけるアクチュエータの製造工程を経時的に示す図で、図 2 の X2-X2 断面に対応する図である。ただし、便宜上 1 つのアクチュエータのみ示してある。

(A) 厚さ  $400 \mu\text{m}$  の Si 基板 21 上に絶縁膜（熱酸化膜）22 を  $1.6 \mu\text{m}$  形成する。

次に、下部電極材 23 として P ドープポリシリコンを  $0.4 \mu\text{m}$  成膜する。そして、リソエッチ法で下部電極 23a と隔壁部 23b とを分離する。

その後、下部電極 23a と隔壁部 23b の保護膜（CVD 酸化膜）35 を  $0.2 \mu\text{m}$  堆積させる。この保護膜 35 は犠牲層プロセスでの下部電極 23a を保護するマスク材、且つ下部電極 23a と上部電極 26a との短絡を防止する保護膜として作用する。

## 【0051】

(B) 次に、ノンドープポリシリコンからなる犠牲層 24 を空隙間隔となる 0.2  $\mu\text{m}$  を CVD 法で成膜し、リソエッチ法により空隙 24 a となる領域と隔壁部 24 b を分離する。配線層として隔壁部 24 b を用いる場合は、隔壁部 24 b のみをリソ法でレジストパターンニングで開口しイオン注入とデンシファイ法を用いて低抵抗化させておく。

その後、保護膜 (CVD 酸化膜) 25 を 0.1  $\mu\text{m}$  堆積させる。この保護膜 25 は、犠牲層プロセスでの上部電極 26 a を保護するマスク材、且つ、下部電極 23 a と上部電極 26 a との短絡を防止する保護膜として作用する。

## 【0052】

(C) P ドープドポリシリコンを 0.2  $\mu\text{m}$  堆積させ上部電極材 26 とし、リソエッチ法で上部電極 26 a と隔壁部 26 b を分離する。

この時同時に、犠牲層除去時犠牲層 24 と同じ材質の上部電極 26 a がエッチングされないように開口部 32 を、犠牲層除去孔 31 より大きく開口する。

次に、振動板 29 の撓み防止層として窒化膜 27 を CVD 法で 0.2  $\mu\text{m}$  堆積させる。

## 【0053】

(D) リソエッチ法で犠牲層除去孔 31 を形成する。

(E) 次に、保護膜 25、35 に対して選択性の高い処理方法、例えば  $\text{SF}_6$  の等方性ドライエッチング法や、あるいは  $\text{XeF}_2$  ドライエッチング法で犠牲層 24 を完全除去し、空隙 24 a を形成する。

(F) 次に、インクに対して耐腐食性の接液膜として PBO 膜 (ポリベンゾオキサゾール) 28 をスピコート法で 1  $\mu\text{m}$  厚形成する。この時犠牲層除去孔 31 は、PBO 膜 28 で完全に封止される。その後、電極配線取り出しパッド部のみリソエッチ法で開口する。

## 【0054】

PBO 膜 28 のような樹脂膜は、大気中で犠牲層除去孔 31 を封止できるため、真空装置を用いた PVD 法や CVD 法で成膜した膜のような真空封止での不具合が生ずることはない。

以上で、第1の基板1であるアクチュエータが完成する。

これに図1に示す第2の基板2、第3の基板3を組み合わせ、積層して液滴吐出ヘッドが完成する。

#### 【0055】

(第2実施例) (請求項1～8、10、11、13～17)

図5は、第2実施例の液滴吐出ヘッドにおけるアクチュエータ部の製造工程を経時的に示す図で、図2のX2-X2断面に対応する図である。

以下、第2実施例の液滴吐出ヘッドのアクチュエータの製造工程を図5に基づいて説明する。なお、第2実施例の図5(A)～(C)に示す製造工程は、第2実施例の図4(A)～(C)に示す製造工程と同様である。

(A) 厚さ400  $\mu\text{m}$ のSi基板21上に絶縁膜(熱酸化膜)22を1.6  $\mu\text{m}$ 形成する。

次に、下部電極材23としてPドーピングポリシリコンを0.4  $\mu\text{m}$ 成膜する。そして、リソエッチ法で下部電極23aと隔壁部23bとを分離する。

その後、下部電極23aと隔壁部23bの保護膜(CVD酸化膜)35を0.2  $\mu\text{m}$ 堆積させる。この保護膜35は犠牲層プロセスでの下部電極23aを保護するマスク材、且つ下部電極23aと上部電極26aとの短絡を防止する保護膜として作用する。

#### 【0056】

(B) 次に、犠牲層(ノンドーピングポリシリコン)24を空隙間隔となる0.2  $\mu\text{m}$ をCVD法で成膜し、リソエッチ法により空隙24aとなる領域と隔壁部24bを分離、犠牲層除去孔31を形成するための開口部32を開口する。電極は配線層として隔壁部24bを用いる場合は、隔壁部24bのみをリソ法でレジストパターンニングで開口しイオン注入とデンシファイ法を用いて低抵抗化させておく。

その後、保護膜(CVD酸化膜)25を0.1  $\mu\text{m}$ 堆積させる。この保護膜25は、犠牲層プロセスでの上部電極26aを保護するマスク材且つ、下部電極23aと上部電極26aとの短絡を防止する保護膜として作用する。

#### 【0057】

(C) 上部電極材 26 として P ドープドポリシリコンを  $0.2\ \mu\text{m}$  を堆積させ、リソエッチ法で上部電極 26 a と隔壁部 26 b を分離する。

この時同時に、犠牲層除去時犠牲層 24 と同じ材質の上部電極 26 a がエッチングされないように開口部 32 を、犠牲層除去孔 31 より大きく開口する。

次に、振動板 29 の撓み防止層として窒化膜 27 を CVD 法で  $0.2\ \mu\text{m}$  堆積させる。

#### 【0058】

(D) 次に、接液膜 28 として PBO 膜（ポリベンゾオキサゾール）をスピニングコート法で  $1\ \mu\text{m}$  厚形成する。

その後、犠牲層除去孔 31 をレジストマスクで形成する。

#### 【0059】

(E) この犠牲層除去孔 31 を介して、窒化膜ドライエッチングと酸化膜ドライエッチングで犠牲層除去孔 31 部の窒化膜 27 と保護膜 25 をエッチングし下地犠牲層 24 を露出させる。

#### 【0060】

(F) 次に、保護膜 25、35 に対して選択性の高い処理方法、例えば  $\text{SF}_6$  の等方性ドライエッチング法や、 $\text{XeF}_2$  ドライエッチング法で犠牲層 24 を完全除去し、空隙 24 a を形成する。

以上で、第 1 の基板 1 であるアクチュエータが完成する。

但し、第 2 実施例の製造工程は、第 1 実施例の製造工程と異なり、犠牲層除去孔 31 が空いた状態であるが、図 1 に示す第 2 の基板 2 を貼り合わせることにより、犠牲層除去孔 31 は封止される。

図 1 に示される第 2 の基板 2、第 3 の基板 3 を組み合わせ、積層することで液滴吐出ヘッドが完成する。

#### 【0061】

##### (第 3 実施例)

図 6 は、第 3 実施例の液滴吐出ヘッドにおける第 1 の基板を示す図で、振動板の一部を除いて示す平面図である。

図 7 は、図 6 に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図 7 (A)、(B)、(C)

、(D)はそれぞれ図6のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

第1実施例、第2実施例の液滴吐出ヘッドでは、犠牲層除去孔31が振動板領域の対向する辺の同じ位置に形成されている例を示したが、図6、図7に示すように互いに対向する位置に犠牲層除去孔31が形成されない場合は、犠牲層除去孔31による振動特性への影響が同位置にある形態に比べその影響が小さくなり、より高精度な液滴吐出ヘッドを形成することができる。

#### 【0062】

(第4実施例)

図8は、第4実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板の一部を除いて示す平面図である。

図9は、図8に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図9(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図8のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

図8、図9に示すように犠牲層除去孔31が隣り合う空隙24aに作用する位置に形成されていてもよい。この場合、犠牲層除去プロセスのスループットの向上が期待できる。

#### 【0063】

(第5実施例) (請求項1～5、7～9、10～13)

図10は、第5の実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板の一部を除いて示す平面図である。

図11は、図10に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図11(A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図10のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

第5実施例の液滴吐出ヘッドを図10、図11に基づいて説明する。なお、第5実施例の液滴吐出ヘッドの製造工程は、図4に示す第1実施例の製造工程(A)～(F)と同様である。

第5実施例では、犠牲層除去孔31と開口部32が振動板領域34上に形成されている。

犠牲層除去孔 31 が振動板領域 34 上にあることにより、隣合う振動板との隔壁部の強度を低下させる犠牲層除去孔形成の領域を必要としない。従って、各振動板間のクロストークに対する強度が十分確保でき、高密度化で問題となる隔壁幅減少によるクロストークの低減が実現できる。

図 10 では、犠牲層除去孔 31 を振動板長辺方向に 1 列に配置しているが、多列でもよい。また、多列の場合は、配列が千鳥状等であってもよい。

#### 【0064】

第 1 ～ 第 5 実施例において、第 2 の基板 2、第 3 の基板 3 を一度に樹脂で形成する方法を適用すると、材料費、製造コスト、工数の低減が可能となり、液滴吐出ヘッドのコストダウン効果を得ることもできる。

ここで、本実施例では上部、下部電極材料にポリシリコンを用いているが、プロセスの熱履歴に耐え導電性材料であればよく、窒化チタン、タングステン等の高融点金属、WSi（高融点金属と Si のシリサイド化合物）等でもよい。

犠牲層に低温ポリシリコン、絶縁膜にプラズマ CVD 膜等を用いれば、電極にアルミ、透明電極（ITO、ネサ膜）も使用できる。

#### 【0065】

図 12 は、犠牲層除去孔の異なる構成の例を示す平面図である。

犠牲層除去孔 31 は、第 1 実施例で示した長方形以外に、図 12（B）～（G）に示すように多角形、円、楕円等でもよく、図 12（H）、（I）に示すように開口部 32 内に複数個形成されていてもよい。

図 13 は、犠牲層除去孔の断面形状の異なる例を示す図である。

犠牲層除去孔 31 の断面形状は、図 13（A）、（B）、（C）に示すように垂直、テーパ形状、逆テーパ形状いずれであってもよい。

#### 【0066】

（第 6 実施例）（請求項 19）

図 14 は、本発明の液滴吐出ヘッドを用いたインクカートリッジを示す斜視図である。

本発明のインクカートリッジ 81 は、ノズルを有する第 1 ～ 第 5 実施例のいずれかのインクジェットヘッド 82 と、このインクジェットヘッド 81 に対してイ



ンクを供給するインクタンク 83 とを一体化したものである。

インクタンク一体型のヘッドの場合、ヘッドの低コスト化、信頼性は、ただちにインクカートリッジ全体の低コスト化、信頼性につながるので、前記したように低コスト化、高信頼性化、製造不良低減することで、インクカートリッジの歩留まり、信頼性が向上し、ヘッド一体型インクカートリッジの低コスト化を図ることができる。

#### 【0067】

(第7実施例) (請求項20)

次に、本発明のインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置の一例について説明する。

図15は、第7実施例のインクジェット記録装置の要部を示す斜視図、図16は、図15に示すインクジェット記録装置の機構部の側断面図である。

第7実施例のインクジェット記録装置は、記録装置本体41の内部に主走査方向に移動可能なキャリッジ53、キャリッジに搭載した本発明を実施したインクジェットヘッドからなる記録ヘッド54、記録ヘッド54へインクを供給するインクカートリッジ55等で構成される印字機構部42等を収納し、装置本体41の下方部には前方側から多数枚の用紙43を積載可能な給紙カセット(或いは給紙トレイでもよい。)44を抜き差し自在に装着することができ、また用紙43を手差しで給紙するための手差しトレイ45を開倒することができ、給紙カセット44或いは手差しトレイ45から給送される用紙43を取り込み、印字機構部42によって所要の画像を記録した後、後面側に装着された排紙トレイ46に排紙する。

#### 【0068】

印字機構部42は、図示しない左右の側板に横架したガイド部材である主ガイドロッド51と従ガイドロッド52とでキャリッジ53を主走査方向(図16で紙面垂直方向)に摺動自在に保持し、このキャリッジ53にはイエロー(Y)、シアン(C)、マゼンタ(M)、ブラック(Bk)の各色のインク滴を吐出するインクジェットヘッドからなる記録ヘッド54を複数のインク吐出口(ノズル)を主走査方向と交差する方向に配列し、インク滴吐出方向を下方に向けて装着し

ている。また、キャリッジ53には記録ヘッド54に各色のインクを供給するための各インクカートリッジ55を交換可能に装着している。

#### 【0069】

インクカートリッジ55は上方に大気と連通する大気口、下方には記録ヘッド54へインクを供給する供給口を、内部にはインクが充填された多孔質体を有しており、多孔質体の毛管力により記録ヘッド54へ供給されるインクをわずかな負圧に維持している。また、記録ヘッド54としてここでは各色のヘッドを用いているが、各色のインク滴を吐出するノズルを有する1個のヘッドでもよい。

#### 【0070】

ここで、キャリッジ53は後方側（用紙搬送方向下流側）を主ガイドロッド51に摺動自在に嵌装し、前方側（用紙搬送方向上流側）を従ガイドロッド52に摺動自在に載置している。そして、このキャリッジ53を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ57で回転駆動される駆動プーリ58と従動プーリ59との間にタイミングベルト60を張装し、このタイミングベルト60をキャリッジ53に固定しており、主走査モータ57の正逆回転によりキャリッジ53が往復駆動される。

#### 【0071】

一方、給紙カセット44にセットした用紙43を記録ヘッド54の下方側に搬送するために、給紙カセット44から用紙43を分離給装する給紙ローラ61及びフリクションパッド62と、用紙43を案内するガイド部材63と、給紙された用紙43を反転させて搬送する搬送ローラ64と、この搬送ローラ64の周面に押し付けられる搬送コロ65及び搬送ローラ64からの用紙43の送り出し角度を規定する先端コロ66とを設けている。搬送ローラ64は副走査モータ67によってギヤ列を介して回転駆動される。

#### 【0072】

そして、キャリッジ53の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ64から送り出された用紙43を記録ヘッド54の下方側で案内する用紙ガイド部材である印写受け部材69を設けている。この印写受け部材69の用紙搬送方向下流側には、用紙43を排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ70、拍

車 71 を設け、さらに用紙 43 を排紙トレイ 46 に送り出す排紙ローラ 72 及び拍車 73 と、排紙経路を形成するガイド部材 74、75 とを配設している。

#### 【0073】

記録時には、キャリッジ 53 を移動させながら画像信号に応じて記録ヘッド 54 を駆動することにより、停止している用紙 43 にインクを吐出して 1 行分を記録し、用紙 43 を所定量搬送後次の行の記録を行う。記録終了信号または、用紙 43 の後端が記録領域に到達した信号を受けることにより、記録動作を終了させ用紙 43 を排紙する。

#### 【0074】

また、キャリッジ 53 の移動方向右端側の記録領域を外れた位置には、記録ヘッド 54 の吐出不良を回復するための回復装置 76 を配置している。回復装置 76 はキャップ手段と吸引手段とクリーニング手段を有している。キャリッジ 53 は印字待機中にはこの回復装置 76 側に移動されて、キャッピング手段で記録ヘッド 54 がキャッピングされ、吐出口部を湿潤状態に保つことによりインク乾燥による吐出不良を防止する。また、記録途中などに記録と関係しないインクを吐出することにより、全ての吐出口のインク粘度を一定にし、安定した吐出性能を維持する。

#### 【0075】

吐出不良が発生した場合等には、キャッピング手段で記録ヘッド 54 の吐出口（ノズル）を密封し、チューブを通して吸引手段で吐出口からインクとともに気泡等を吸い出し、吐出口面に付着したインクやゴミ等はクリーニング手段により除去され吐出不良が回復される。また、吸引されたインクは、本体下部に設置された廃インク溜（図示しない）に排出され、廃インク溜内部のインク吸収体に吸収保持される。

#### 【0076】

このように、第 7 実施例のインクジェット記録装置においては、本発明を実施したインクジェットヘッドを搭載しているので、振動板駆動不良によるインク滴吐出不良がなく、安定したインク滴吐出特性が得られて、画像品質が向上する。また低電圧で駆動できる記録ヘッドを搭載するので、インクジェット記録装置全

体の消費電力も低減できる。

#### 【0077】

なお、上記実施形態においては、本発明をインクジェットヘッドに適用したが、インク以外の液滴、例えば、パターンニング用の液体レジストを吐出する液滴吐出ヘッドにも適用することができる。

#### 【0078】

(第8実施例) (請求項21)

図17は、本発明のアクチュエータを用いた第8実施例のマイクロポンプを示す断面図である。

第8実施例のマイクロポンプは、図2に示すようなアクチュエータを複数、振動板領域の長手方向の側壁部が隣接するように適当数並設し、その上に流路板87を積層した構造である。

マイクロポンプの動作原理を図17に基づいて説明すると、基板上に形成された電極85と空隙を介して設けられた振動板86が、隣接する振動板との間に一定の時間差をもって順次駆動され、振動板86と流路板87間に形成される流路88の中を流体が流れる構造となっている。振動板86を図中右側から順次駆動することによって流路88内の流体は矢印方向へ流れが生じ、流体の輸送が可能となる。第8実施例のマイクロポンプではアクチュエータを複数設けた例を示したが、アクチュエータは1つでもよく、また輸送効率を上げるために弁等を設けてもよい。

#### 【0079】

(第9実施例) (請求項22)

図18は、本発明のアクチュエータを用いた第9実施例の光学デバイスを示す側面図である。

第9実施例の光学デバイスは、基板上に形成された電極91と空隙を介して設けられた振動板92が複数配列され、振動板92はミラーを兼ねている。振動板92の表面は、反射率を増加させるため誘電体多層膜や金属膜を形成するとよい。光源93からの光はレンズ94を介してミラー(92)に照射される。ミラーを駆動しない場合、光は入射角と同じ角度で反射する。ミラー(92)を駆動し

た場合、凸面ミラーとなるので反射光は発散光となる。このように本発明により光変調デバイスが実現できる。

#### 【0080】

図19は、図18に示す光学デバイスの応用例を示す斜視図である。

図19に示す光学デバイスは、例えば図2に示すようなアクチュエータがX、Y方向に密接して配設され、振動板の表面が鏡面に仕上げられた構成である。

光源93から出射した光はレンズ94を介してミラー(92)に照射され、ミラー(92)を駆動していないところに入射した光は、投影用レンズ95へ入射する。一方、電極91に電圧を印加してミラー(92)を変形させているところは凸面ミラーとなるので、光は発散し投影用レンズ95にほとんど入射しない。投影用レンズ95に入射した光はスクリーン(図示しない)等に投影される。

このように各アクチュエータを2次元に配列し、それぞれのミラーを独立に駆動することによって、スクリーンに画像を表示できる。図19では例として4×4の配列を示したが、さらに多数配列することも可能である。

#### 【0081】

第8、第9実施例では動作原理を簡単に述べたが、第1～第3実施例に示したアクチュエータの構成及びその製造方法は、第8、第9実施例に適用することができる。

本明細書では、本発明のアクチュエータの応用例として、液滴吐出ヘッド、インクカートリッジ、マイクロポンプ、光学変調デバイスを例としてあげたが、これ以外の光学デバイス、マイクロアクチュエータ等にも適用可能である。

#### 【0082】

##### 【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば次のような効果を奏する。

##### (請求項1)

本発明のアクチュエータは対向する電極間に電圧を印加することで生ずる静電気力を利用して、振動板を駆動する静電型アクチュエータであり振動板に固定した電極と別途設けた対抗電極間に成膜した犠牲層を除去することで空隙を形成するため、犠牲層厚みのみで空隙間隔を精度良く形成することができる。

エッチングにより空隙を形成し、別基板で作製した振動板基板を貼り合せていた従来方法より空隙間隔のバラツキが低減でき、且つ空隙内への異物、汚染物質の侵入を防ぐことができ、歩留まりが向上する。例えば、振動板長辺部両端に犠牲層除去孔を設けた場合、図20に示すように犠牲層エッチではエッチャントの流入、反応生成物の置換効率が犠牲層除去孔から反応面までの距離に依存し、エッチング量がその距離と共に飽和する傾向がある。距離が $75\mu\text{m}$ ぐらいから飽和するため、それ以上エッチングしようとするときエッチング時間が非常に長くなり、エッチングすべきでない膜が除々にエッチングされ無視できないエッチングが行われ不具合が生ずる。

従って、振動板領域の短辺長を $150\mu\text{m}$ 以下とすることにより、犠牲層エッチが十分量産性のある加工条件で可能となる。

以上より、性能バラツキの少なく、高精度で高信頼性を具備したアクチュエータを低コストで作製することができる。

#### 【0083】

##### (請求項2)

静電型インクジェットヘッドでは、振動板と電極間隔、すなわち空隙の寸法精度がその性能に大きく影響を及ぼす。特に、各アクチュエータの特性のバラツキが大きければ印字精度、画質の再現性が著しく低下することとなる。

請求項2の発明は、前記空隙は $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ であることを特徴とし、本発明は前記空隙を犠牲層プロセスで作製し、振動板領域の短辺長を $150\mu\text{m}$ 以下とすることにより、狭空隙の犠牲層エッチが十分量産性のある加工条件で可能で、これにより、低電圧駆動が可能で高精度、高密度、且つ高い信頼性を有するアクチュエータを低コストで得ることができる。

#### 【0084】

##### (請求項3)

請求項3の発明は、 $0.2\sim 2.0\mu\text{m}$ といった狭幅の空隙を犠牲層プロセスで形成する際、ドライエッチングにより行うので、加工精度が良く、加工時の空隙寸法のバラツキの少ないアクチュエータを得ることができる。また、エッチング後の洗浄、乾燥が必要なく、プロセスをクリーンに保つことができる。

## 【0085】

## (請求項4)

犠牲層除去孔を隣合うアクチュエータ部の犠牲層除去に割り当てようとする、各アクチュエータ間の隔壁部不連続面が必要となる。隔壁に不連続面があると振動板上部へ貼り合わせる基板との接触面積が少なくなり、貼り合せ強度が低下するが、本発明では、隔壁不連続部分がないため、上部基板との貼り合せ強度が十分確保でき、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

## 【0086】

## (請求項5)

犠牲層除去孔を隔壁部に形成する場合、振動板領域からの距離が設計値で  $1\mu\text{m}$  以下であると、犠牲層除去孔形成時の写真工程のアライメント、及び寸法精度やエッチングでのCDロスにより、振動板除去孔が振動板領域に達することがあり、この場合、振動特性や信頼性に影響を与える。また、振動板領域からの距離を大きくすると振動板領域の犠牲層エッチングの効率が低下する。また、あまり犠牲層除去孔配置が隔壁部へ入りこむと犠牲層除去孔の領域により隔壁部面積が小さくなり、隔壁部の強度低下に繋がる。これらの不具合を抑えるため、犠牲層除去孔を振動板領域からの距離を  $1\mu\text{m}$  以上、隔壁幅の  $1/2$  以下にすることにより、犠牲層除去孔による振動板特性の劣化を防ぎ、且つ隔壁部と上部基板との貼り合せ面積を十分確保しつつ、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

## 【0087】

## (請求項6)

振動板の対向する辺に犠牲層除去孔を形成することにより、犠牲層を効率良く、確実に除去することが可能となり、製造工程の歩留まりが向上し、アクチュエータの品質向上が図られる。

## 【0088】

## (請求項7)

図21に示すように、振動板長辺端に配置された犠牲層除去孔間の距離(ピッチ)  $c$  が、振動板短辺長  $a$  に対し、 $a > c$ 、あるいは  $a = c$  の場合、短辺方向の振動板領域の犠牲層がエッチングされた後、残った犠牲層は比較的少ないオーバ

ーエッチで効率良くエッチングされるが、 $a < c$  の場合、短辺方向の振動板領域の犠牲層がエッチングされた後もかなりの犠牲層が残っている。特に犠牲層除去孔間の距離  $c$  が  $150\ \mu\text{m}$  より大きければ、犠牲層を完全にエッチングするために非常に長い時間を必要とする。このため、非エッチング膜が除々にエッチングされ無視できないエッチ量となり、不具合を生ずる。

請求項 7 の発明は、犠牲層除去孔の間隔を振動板短辺長  $a$  以下とすることにより、等方的に犠牲層をエッチする場合、請求項 6 の発明と同様に、効率良く、且つ確実に犠牲層を除去することが可能となり、製造工程の歩留まり向上、及びアクチュエータの品質向上が図られる。

#### 【0089】

(請求項 8)

図 22 に示すように犠牲層長辺端に配置された犠牲層除去孔と振動板端との距離  $d$  が振動板短辺長  $a$  に対し、 $a/2 > d$ 、あるいは  $a = d$  の場合、振動板端の犠牲層は短辺方向の犠牲層がエッチングされる以前に十分エッチングされているが、 $a/2 < d$  の場合、振動板端以外の犠牲層がエッチングされた後も犠牲層が残る。特に、 $d$  が  $150\ \mu\text{m}$  以上の場合、図 20 に示すように犠牲層を完全にエッチングするために非常に長い時間を必要とする。このため、非エッチング膜が除々にエッチングされ無視できないエッチ量となり、不具合を生ずる。

請求項 8 の発明は、犠牲層除去孔を振動板角部端からの距離  $d$  を振動板短辺長  $a$  の  $1/2$  以下に形成することにより、請求項 6、7 の発明と同様に、振動板全域での犠牲層を効率良く且つ確実に除去できるため、製造工程の歩留まりが向上し、またアクチュエータの品質向上が図られる。

#### 【0090】

(請求項 9)

振動板領域に犠牲層除去孔を設けることにより、隔壁部の面積が犠牲層除去孔領域に一部占領されることがないため、上部基板との隔壁部での接触面積が十分確保でき、十分な貼り合せ強度を得ることができる。従って、信頼性の高いアクチュエータが得られる。

#### 【0091】



## (請求項 10)

犠牲層除去のレートは、犠牲層除去孔の振動板平面から見た断面積に依存し、小さくなるほどレートは低下するが、犠牲層除去孔を多列配置等によりレート低下に対応できるため、犠牲層除去孔の大きさは、加工限界で決まる。

犠牲層除去孔は一般的な半導体プロセスを用いて開口させるためには、写真工程の解像限界や犠牲層除去孔のエッチング限界を考慮すると犠牲層除去孔の振動板平面から見た断面積は  $0.19 \mu\text{m}^2$  以上が必要となる。この値は、円形状であれば、直径  $0.25 \mu\text{m}$  に相当する。

犠牲層除去孔の振動板平面から見た断面積を  $0.19 \mu\text{m}^2$  以上とすることにより、安定且つ確実に犠牲層を除去できるため、容易に空隙を形成できる。従って、これにより製造工程の歩留まりを向上させることができ、安定したアクチュエータを作製することができる。

## 【0092】

## (請求項 11)

振動板を形成してから犠牲層除去孔を形成するため、最終工程で犠牲層を除去することができ、犠牲層を除去した後のデリケートな振動板に後工程での負荷を最小限にすることができる。従って、製造工程での歩留まり向上、及びアクチュエータの品質向上が図られる。

## 【0093】

## (請求項 12)

犠牲層を除去した犠牲層除去孔を樹脂で封止する方法は、CVD法等での真空封止するものに比べ、負圧による振動板撓みが無く、空隙内を大気開放する構造やプロセスが必要ないことから、比較的容易にでき、製造コスト、工程を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

## 【0094】

## (請求項 13)

本構成のアクチュエータでは、犠牲層除去孔が振動板構成の一部で封止されているので、製造コスト、工数を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

## 【0095】

## (請求項14)

上部基板貼り合せ工程と兼ねることができるため、製造コスト、工数を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

本構成のアクチュエータでは、犠牲層除去孔が隔壁と接合される母材との界面で封止されているので、犠牲層除去孔を封止するための工程が不要となり、製造工数を低減し、低コスト化、製造不良低減を図ることができる。

## 【0096】

## (請求項15)

静電力で変位する振動板と該振動板に $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の空隙を介して対向する電極から構成され、前記空隙を犠牲層プロセスで形成するアクチュエータの製造方法において、前記振動板の短辺長は、 $150 \mu\text{m}$ 以下に形成し、前記振動板の長辺に沿って設けられ犠牲層除去孔を用いてエッチングを行うので、犠牲層厚みのみで空隙間隔を精度良く形成することができ、犠牲層エッチが量産性のある加工条件で高精度、高密度、且つ高い信頼性をもって行われ、アクチュエータを低コストで作製することができる。

## 【0097】

## (請求項16)

請求項16の発明は、請求項15記載のアクチュエータの製造方法において、前記空隙は $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$ であるので、低電圧駆動が可能で高精度、高密度、且つ高い信頼性を有するアクチュエータを低コストで作製することができる。

## 【0098】

## (請求項17)

請求項17の発明は、請求項16記載のアクチュエータの製造方法において、前記犠牲層プロセスは、ドライエッチングにより行われるので、加工精度が良く、エッチング後の洗浄、乾燥が必要なく、空隙寸法のバラツキの少ないアクチュエータを作製することができる。

## 【0099】

## (請求項18)

振動板を駆動するアクチュエータと、吐出室を形成する基板と、ノズル孔を有する基板を積層してなる液滴吐出ヘッドにおいて、前記アクチュエータは請求項 1～12 記載のアクチュエータであるので、請求項 1～12 記載のアクチュエータの効果に加え、性能バラツキが少なく、高精度で高信頼性を具備した液滴吐出ヘッドを低コストで提供することができる。

**【0100】**

(請求項 19)

請求項 14 記載の液滴吐出ヘッドをインクジェットヘッドとして用い、このインクジェットヘッドにインクを供給するインクタンクを一体化したので、製造不良が減少し、低コスト化を図ることができる。

**【0101】**

(請求項 20)

インクジェット記録装置に、請求項 14 記載の液滴吐出ヘッドを用いた請求項 15 のインクカートリッジを搭載したので、製造不良が減少し、低コスト化を図ることができる。

**【0102】**

(請求項 21)

請求項 1～12 記載のアクチュエータを用い、電極間に働く静電力によって前記振動板を変形させるので、小型であり、低消費電力のマイクロポンプを低コストで提供することができる。

**【0103】**

(請求項 22)

請求項 1～12 記載のアクチュエータを用い、電極間に働く静電力によって前記振動板を変形させるので、小型であり、低消費電力の光変調デバイスを低コストで提供することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の第 1 実施例の液滴吐出ヘッドを示す分解斜視図である。

**【図 2】**

第1実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板を除いて示す平面図である。

【図3】

図2に示す液滴吐出ヘッドの第1の基板を示す断面図で、図3 (A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図2のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

【図4】

第1実施例の液滴吐出ヘッドにおけるアクチュエータの製造工程を経時的に示す図で、図2のX2-X2断面に対応する図である。

【図5】

第2実施例の液滴吐出ヘッドにおけるアクチュエータの製造工程を経時的に示す図で、図2のX2-X2断面に対応する図である。

【図6】

第3実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板を除いて示す平面図である。

【図7】

図6に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図7 (A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図6のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

【図8】

第4実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板を除いて示す平面図である。

【図9】

図8に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図9 (A)、(B)、(C)、(D)はそれぞれ図8のX1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2断面図である。

【図10】

第5実施例の液滴吐出ヘッドにおける第1の基板を示す図で、振動板を除いて示す平面図である。

**【図 11】**

図 19 に示す液滴吐出ヘッドの断面図で、図 10 (A)、(B)、(C)、(D) はそれぞれ図 10 の X1-X1、X2-X2、Y1-Y1、Y2-Y2 断面図である。

**【図 12】**

犠牲層除去孔の異なる構成の例を示す平面図である。

**【図 13】**

犠牲層除去孔の断面形状の異なる構成の例を示す図である。

**【図 14】**

第 6 実施例の液滴吐出ヘッドを用いたインクカートリッジを示す斜視図である。

**【図 15】**

第 7 実施例のインクジェット記録装置を示す斜視図である。

**【図 16】**

図 15 に示すインクジェット記録装置の機構部を示す側断面図である。

**【図 17】**

第 8 実施例のアクチュエータを用いたマイクロポンプを示す斜視図である。

**【図 18】**

第 9 実施例のアクチュエータを用いた光学デバイスを示す側面図である。

**【図 19】**

図 18 に示す光学デバイスの応用例を示す斜視図である。

**【図 20】**

犠牲層エッチングにおいて、犠牲層除去孔からの距離とエッチング時間の関係を示す図である。

**【図 21】**

犠牲層除去孔間の距離と犠牲層エッチングの関係を説明するための図である。

**【図 22】**

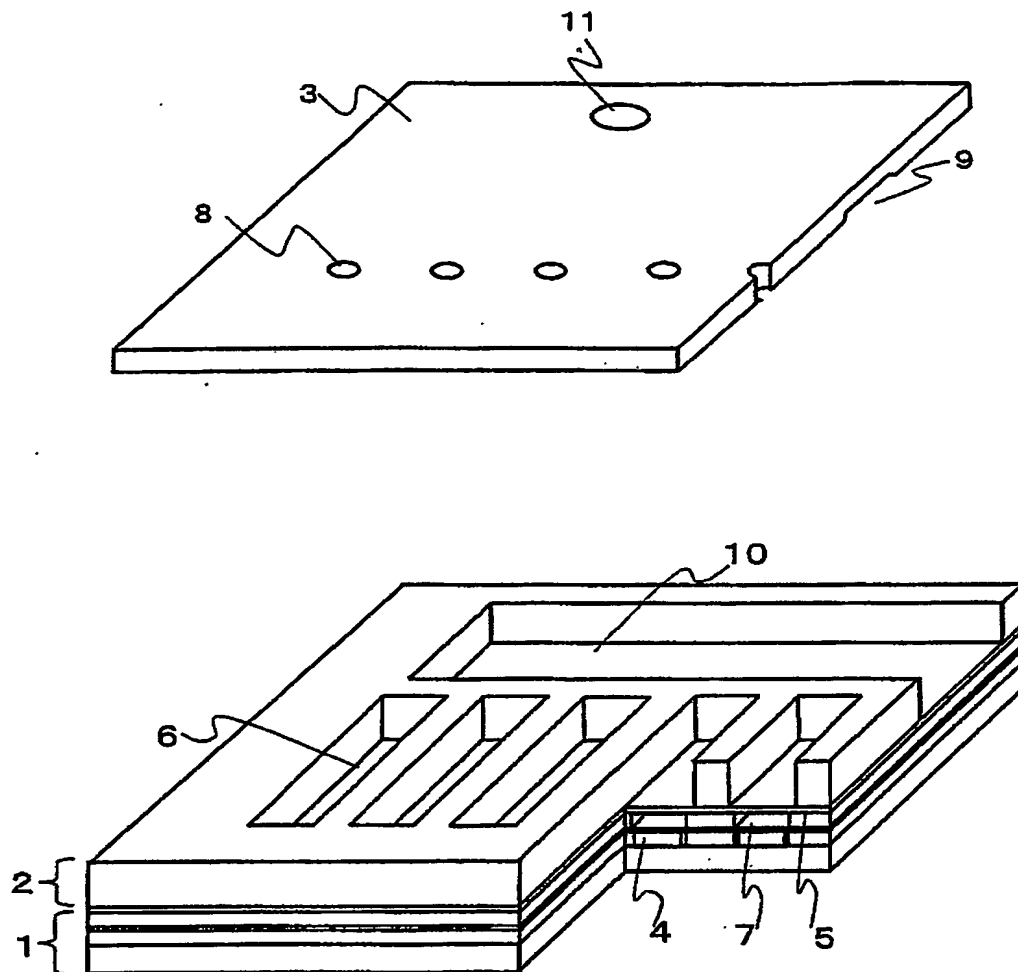
犠牲層長辺端に配置された犠牲層除去孔と振動板の関係を説明するための図である。

## 【符号の説明】

1…第1の基板、2…第2の基板、3…第3の基板、4…個別電極、5…振動板、6…吐出室、7…空隙、8…ノズル孔、9…（流体抵抗となる）溝、10…共通インク室、11…インク供給口、21…Si基板、22…絶縁膜（熱酸化膜）、23…下部電極材、23a…下部電極、23b…隔壁部、24…犠牲層、24a…空隙、24b…隔壁部、25…保護膜（CVD酸化膜）、26…上部電極材、26a…上部電極、26b…隔壁部、27…窒化膜、28…接液膜（樹脂膜）、29…振動板、31…犠牲層除去孔、32…開口部、33…分離溝、34…振動板領域、35…保護膜（CVD酸化膜）、36…隔壁部、41…記録装置本体、42…印字機構部、43…用紙、44…給紙カセット、45…手差しトレイ、46…排紙トレイ、51…主ガイドロッド、52…従ガイドロッド、53…キャリッジ、54…記録ヘッド、55…インクカートリッジ、57…主走査モータ、58…駆動プーリ、59…従動プーリ、60…タイミングベルト、61…給紙ローラ、62…フリクションパッド、63…ガイド部材、64…搬送ローラ、65…搬送コロ、66…先端コロ、67…副走査モータ、69…印写受け部材、70…搬送コロ、71，73…拍車、72…排紙ローラ、74，75…ガイド部材、76…回復装置、81…インクカートリッジ、82…インクジェットヘッド、83…インクタンク、85…電極、86…振動板、87…流路板、88…流路、91…電極、92…振動板（ミラー）、93…光源、94…レンズ、95…投影用レンズ。

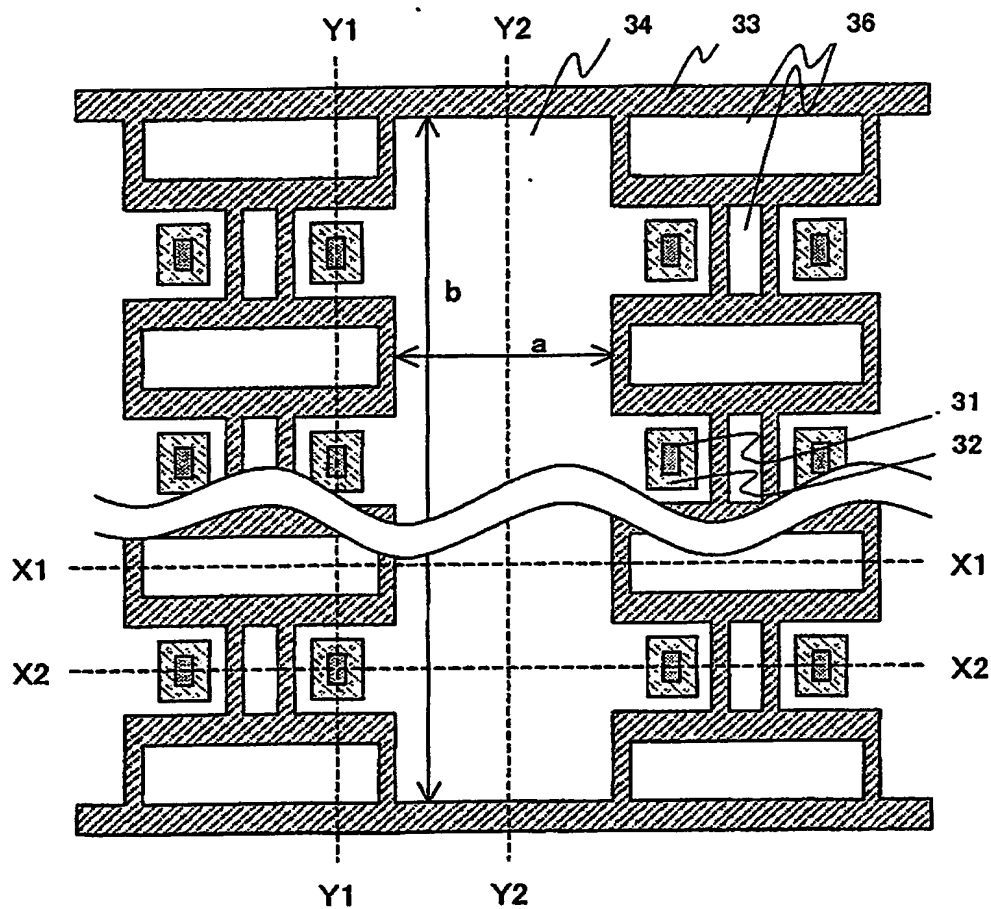
【書類名】 図面

【図 1】



BEST AVAILABLE COPY

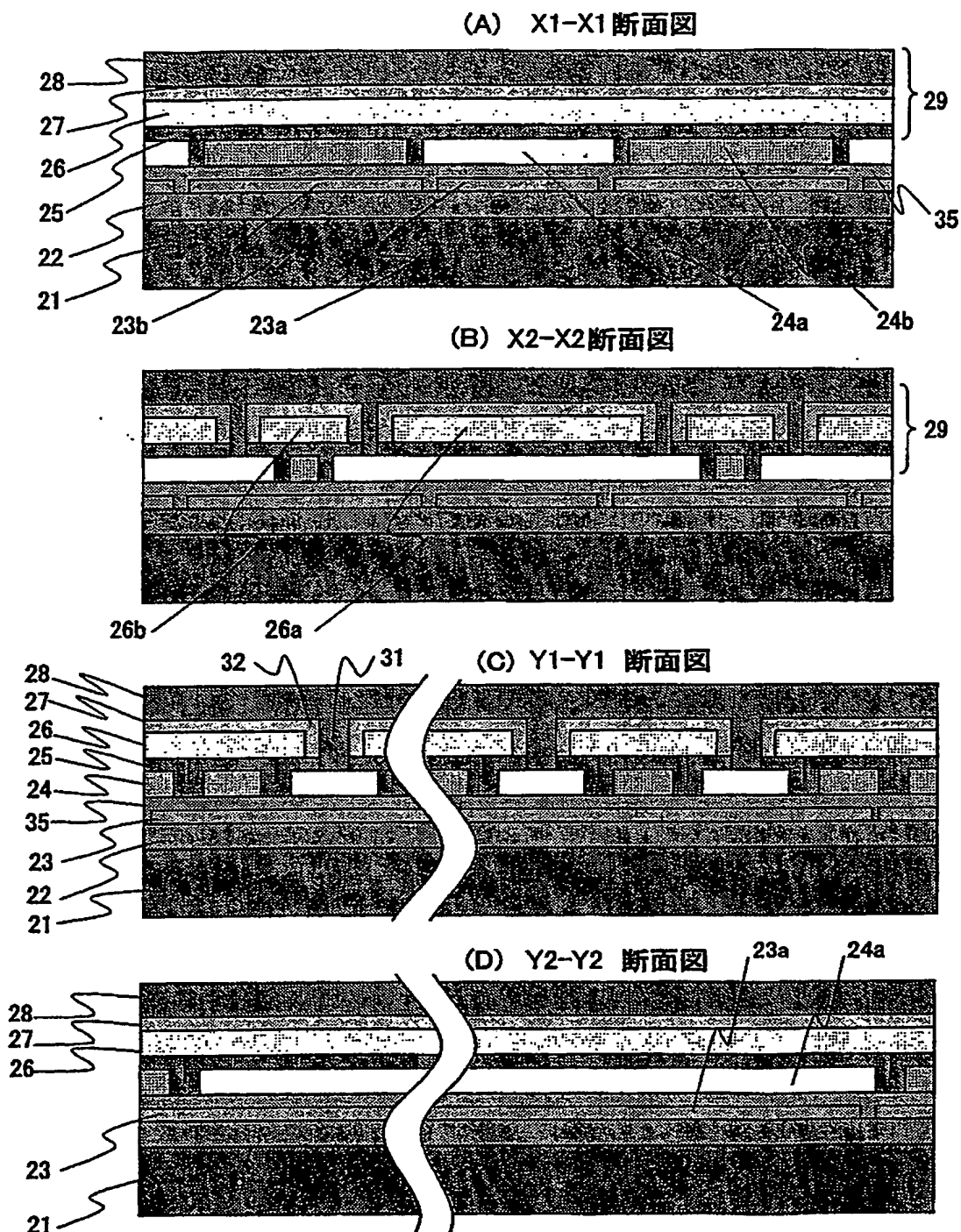
【図 2】



BEST AVAILABLE COPY

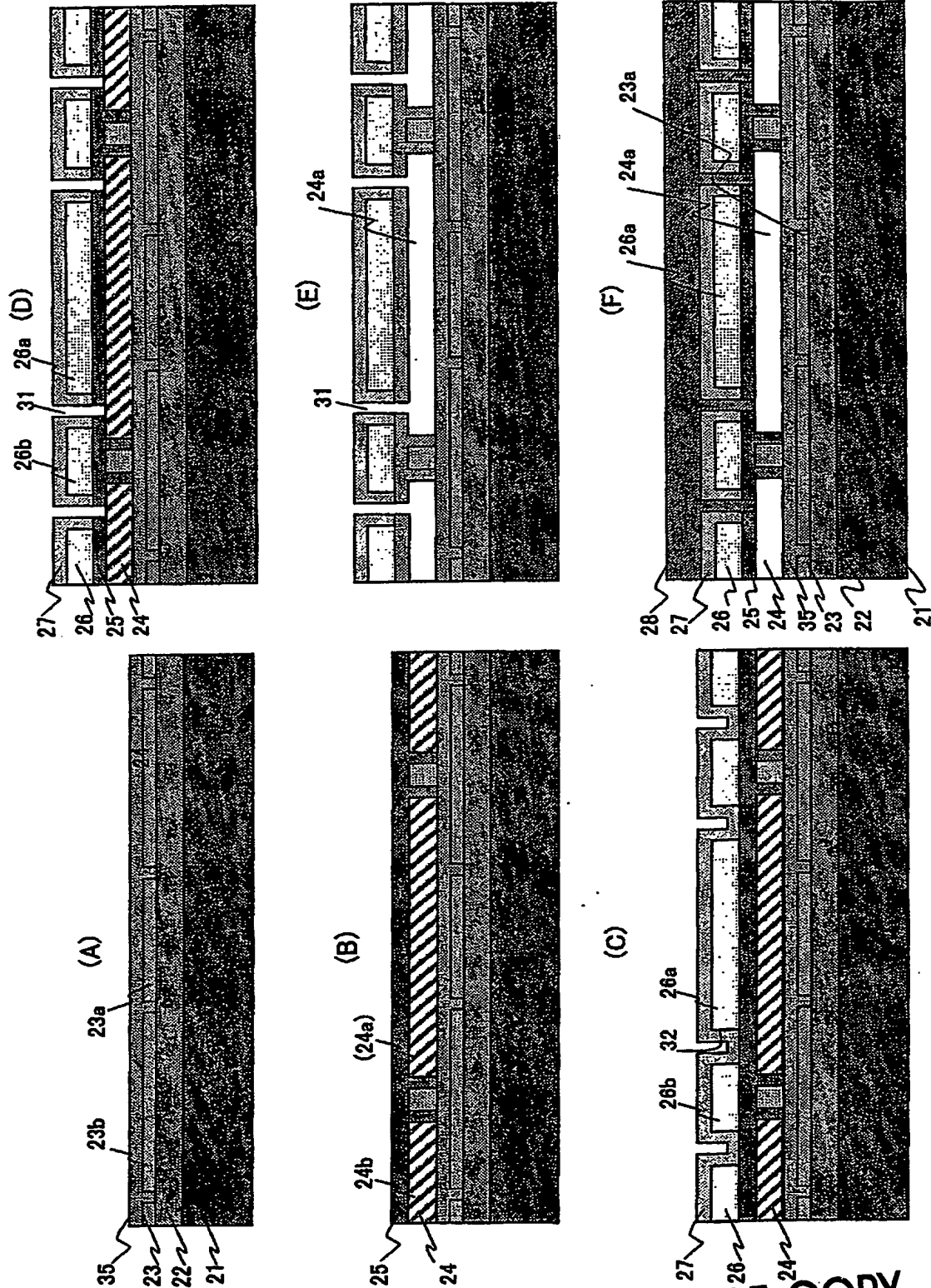


【図 3】



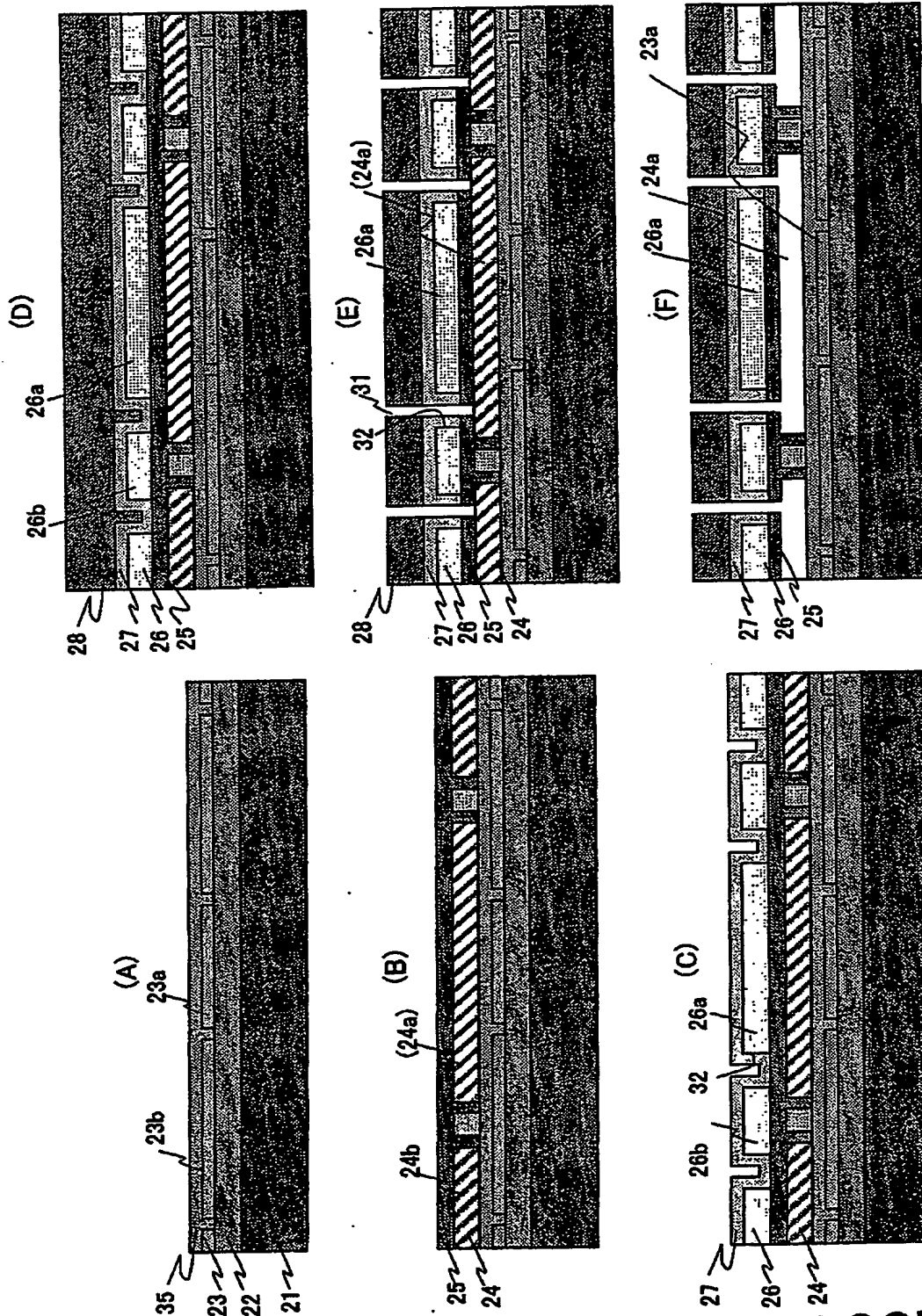
BEST AVAILABLE COPY

【図 4】



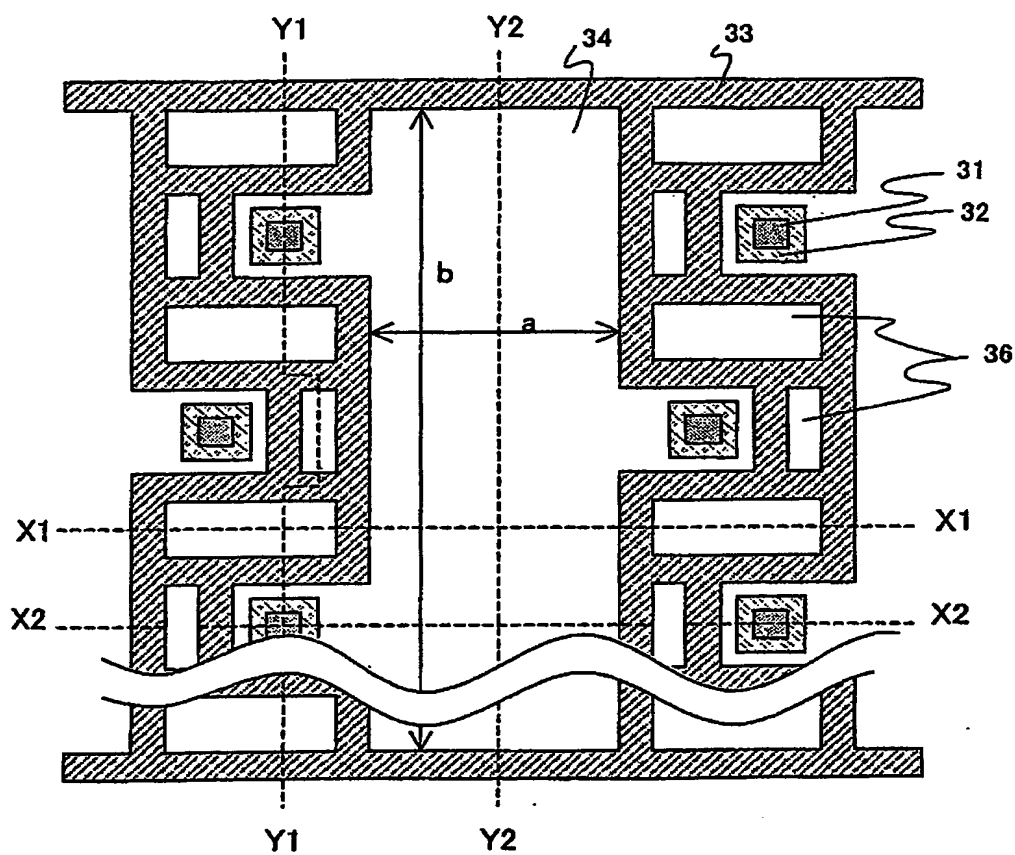
BEST AVAILABLE COPY

【図 5】



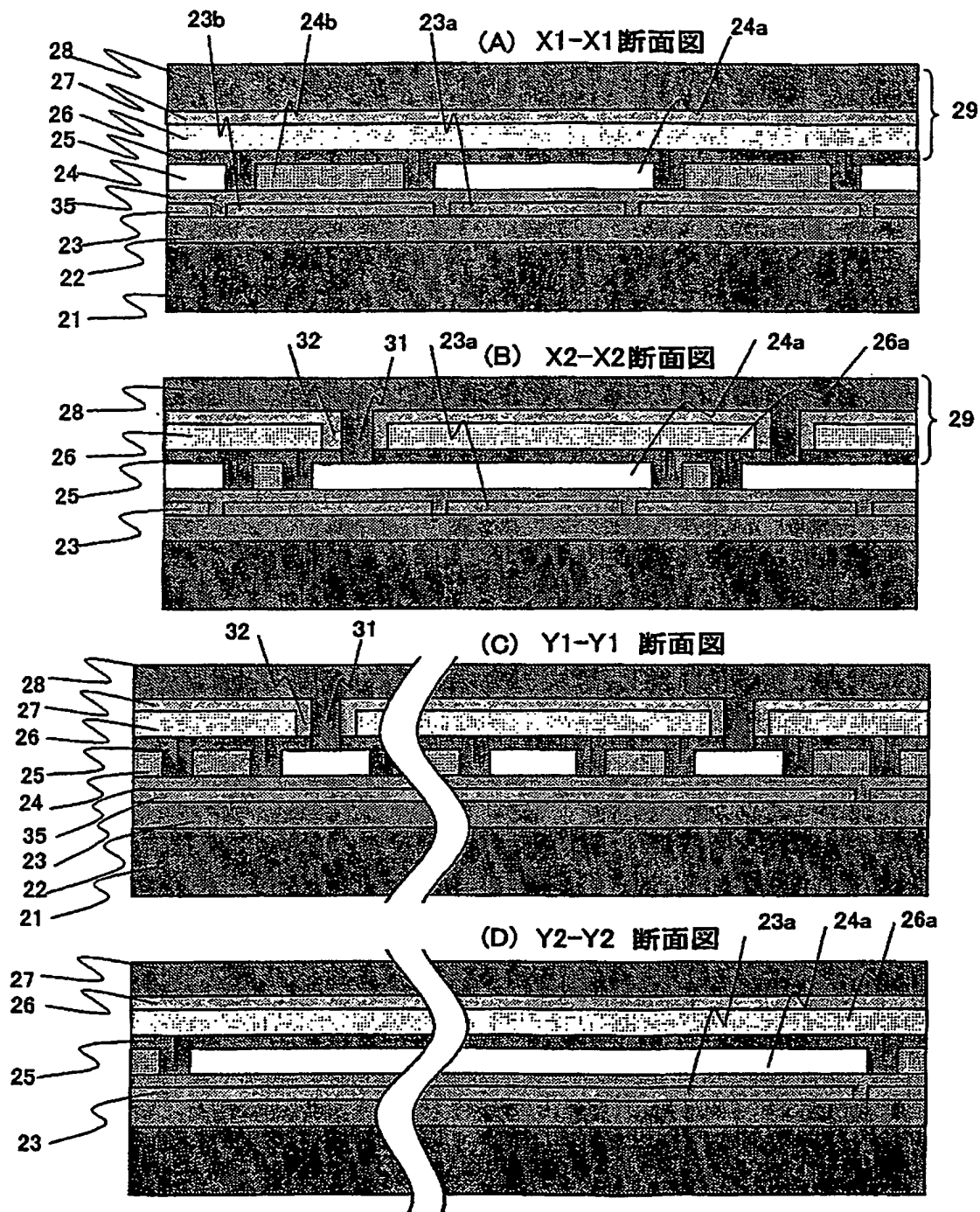
BEST AVAILABLE COPY

【図 6】



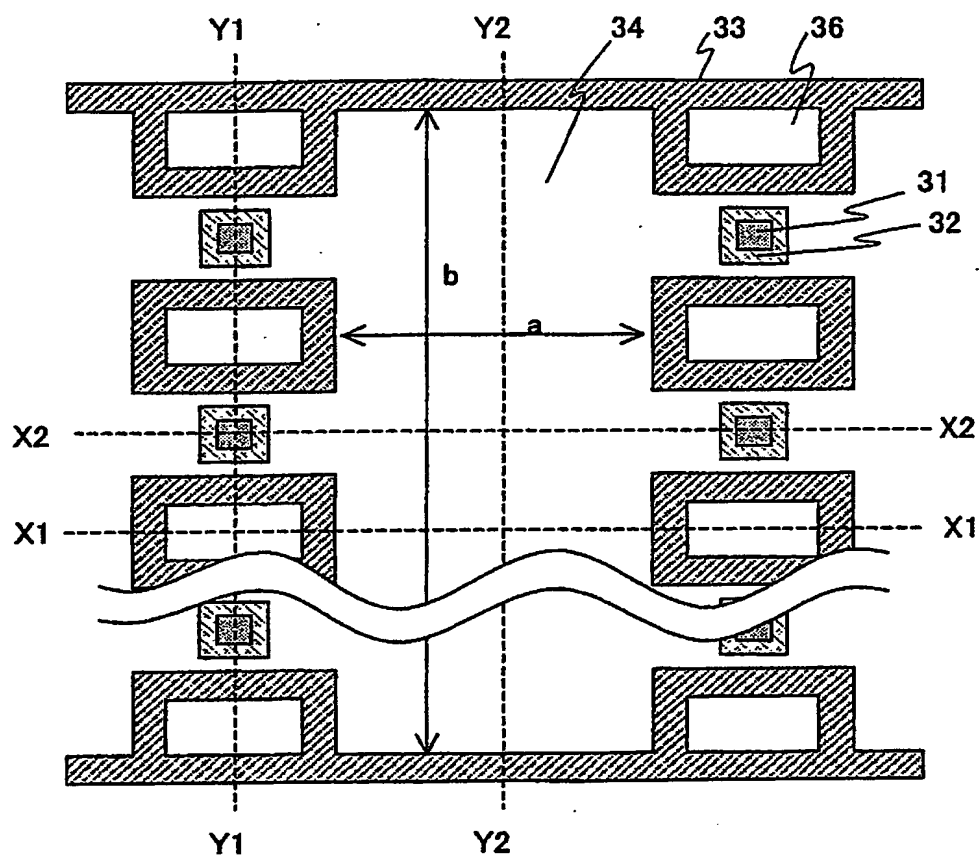
BEST AVAILABLE COPY

【図 7】



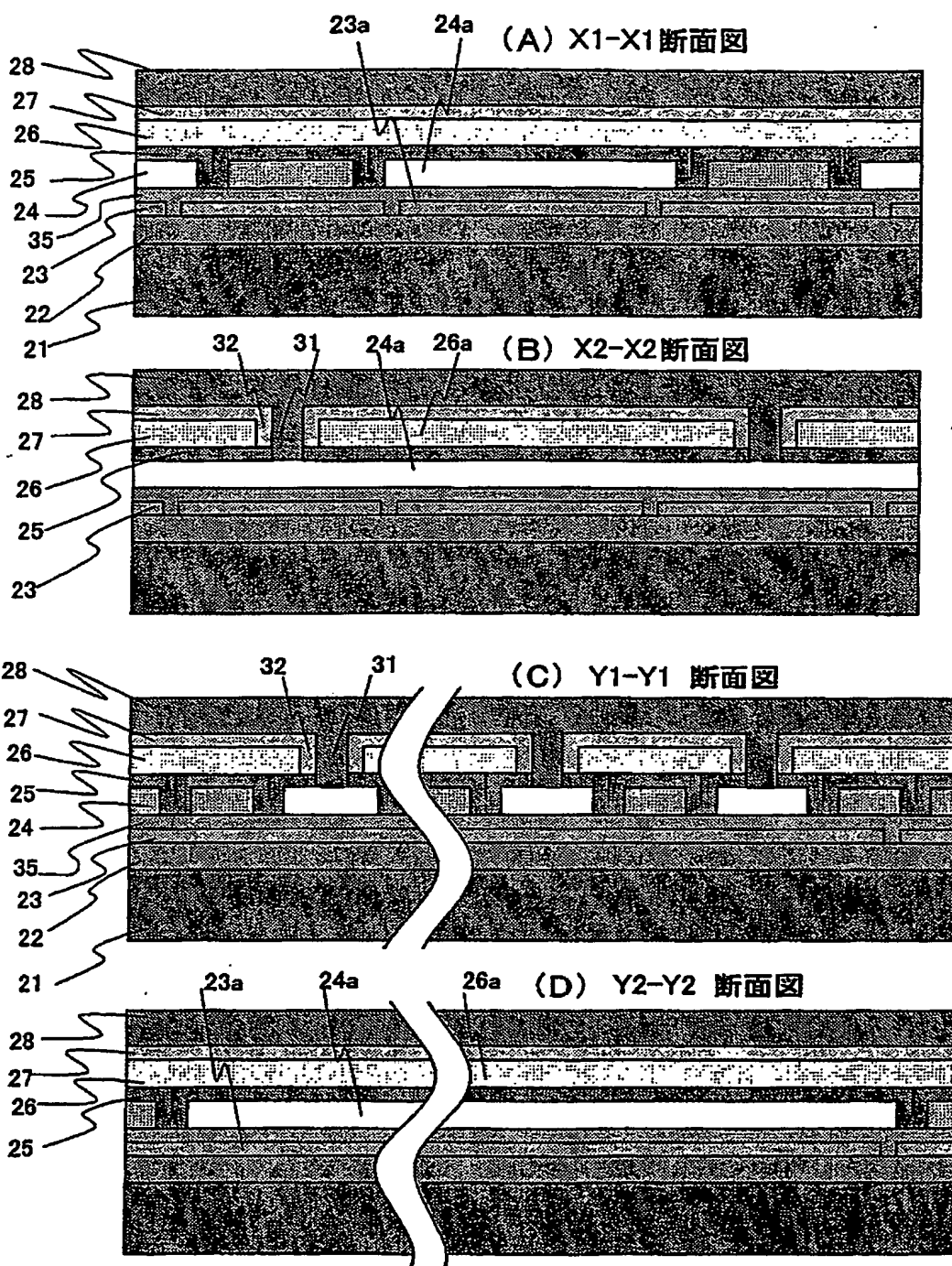
BEST AVAILABLE COPY

【図 8】



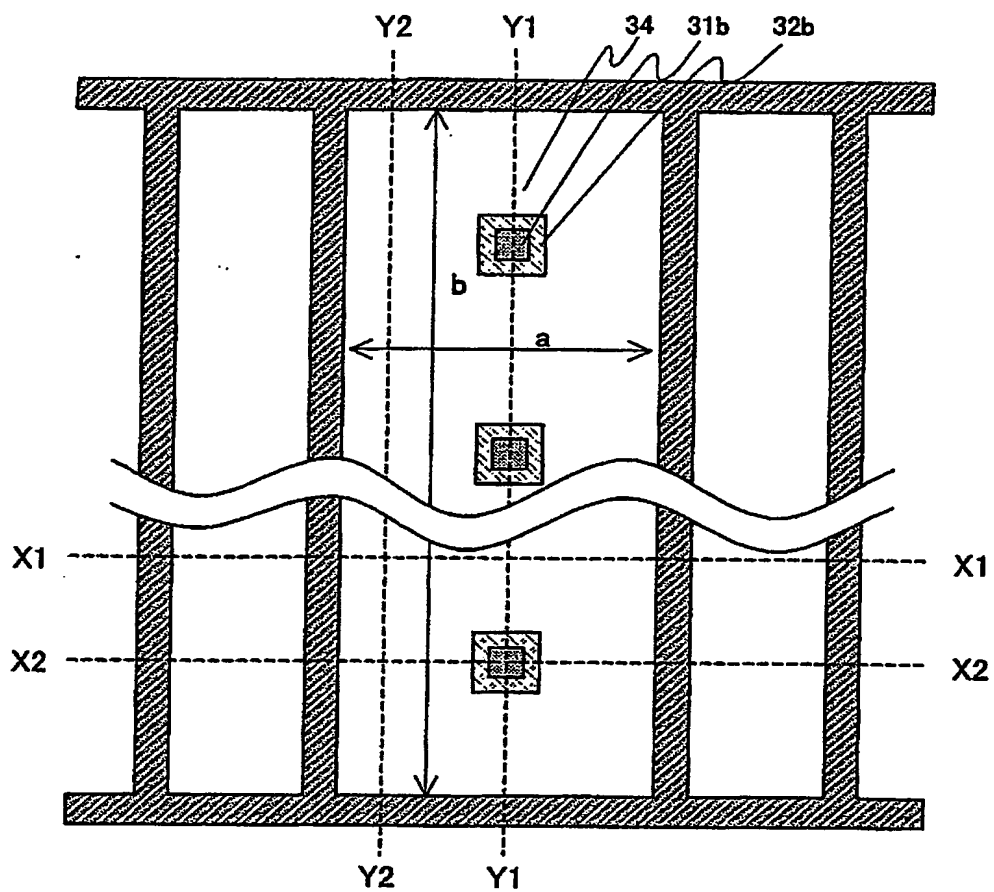
BEST AVAILABLE COPY

【図 9】



BEST AVAILABLE COPY

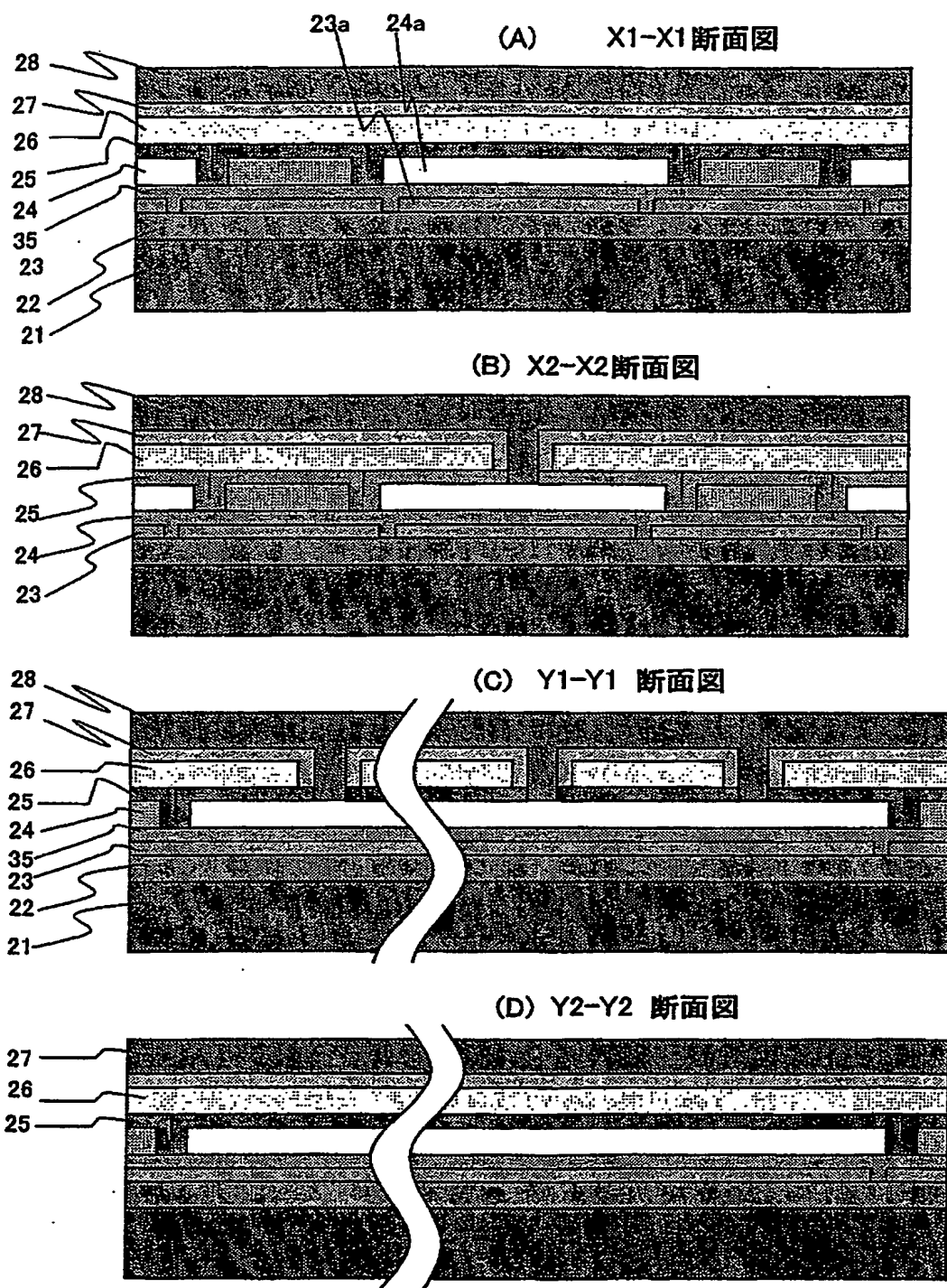
【図 10】



BEST AVAILABLE COPY

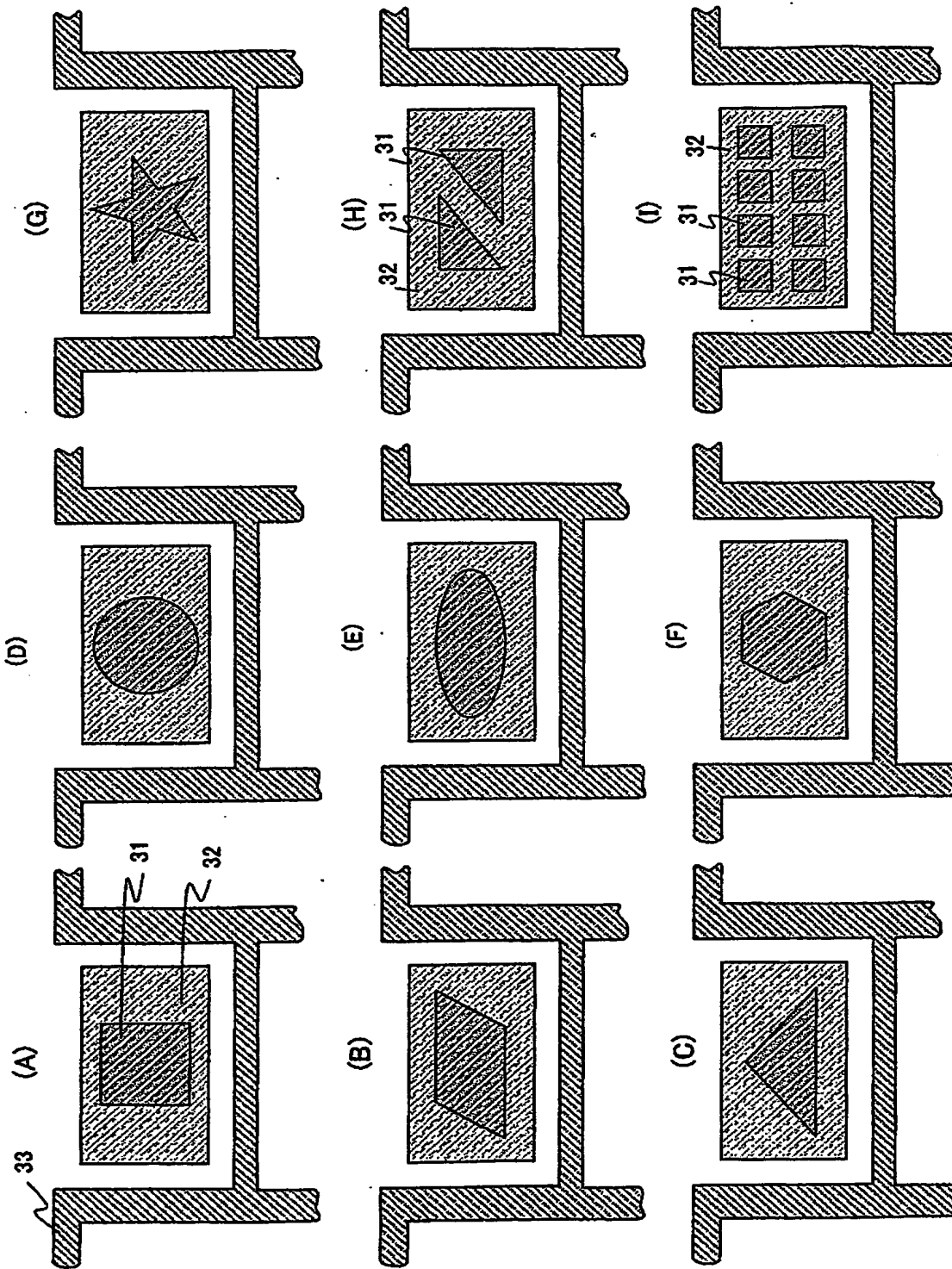


【図 11】



BEST AVAILABLE COPY

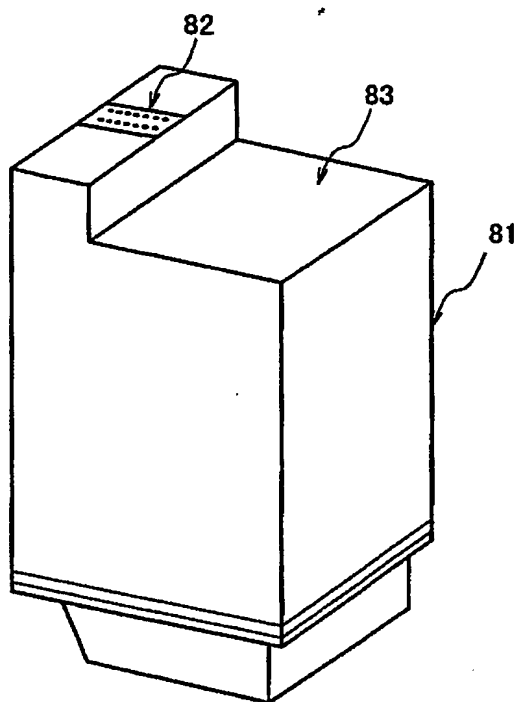
【図12】



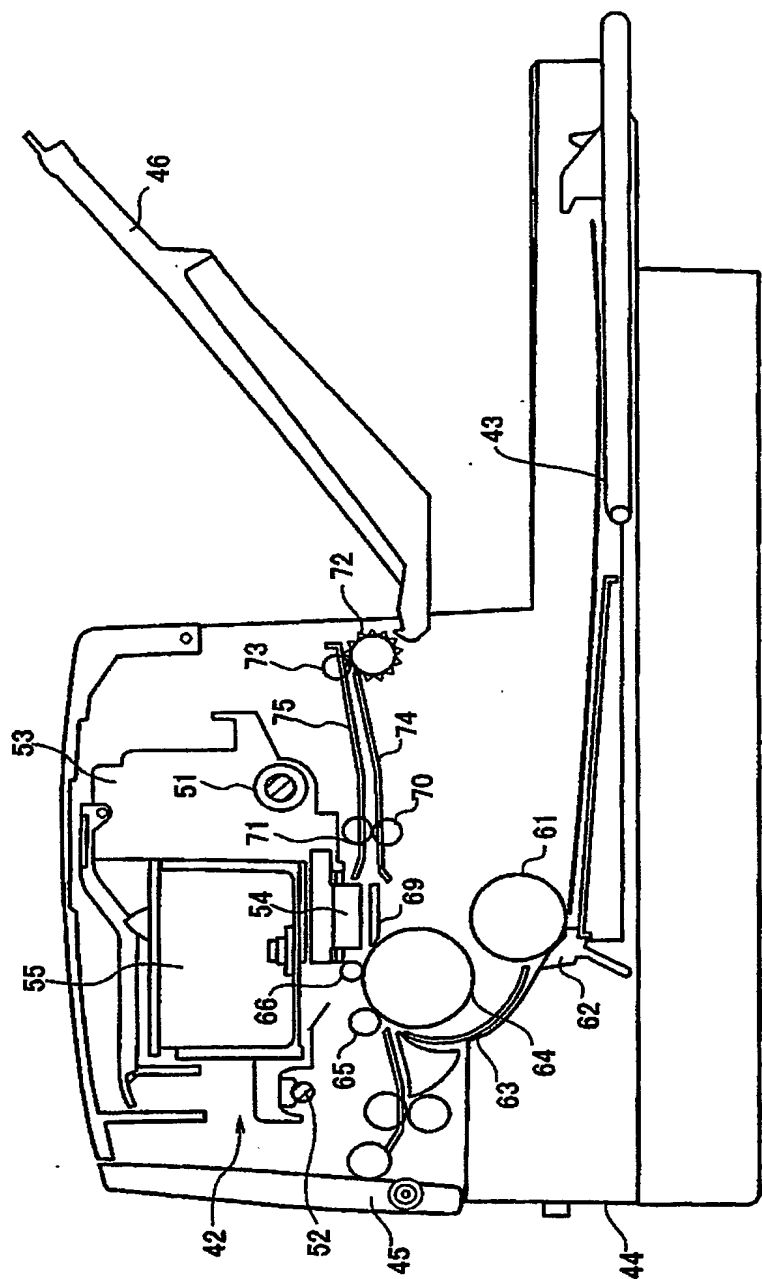
BEST AVAILABLE COPY



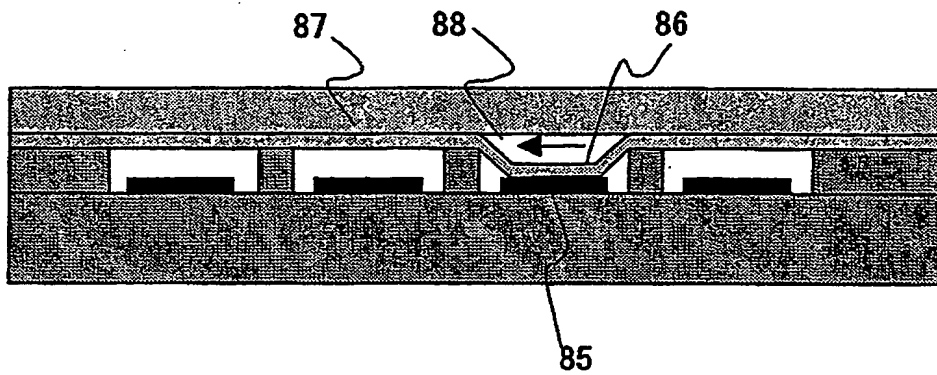
【図14】



【図16】

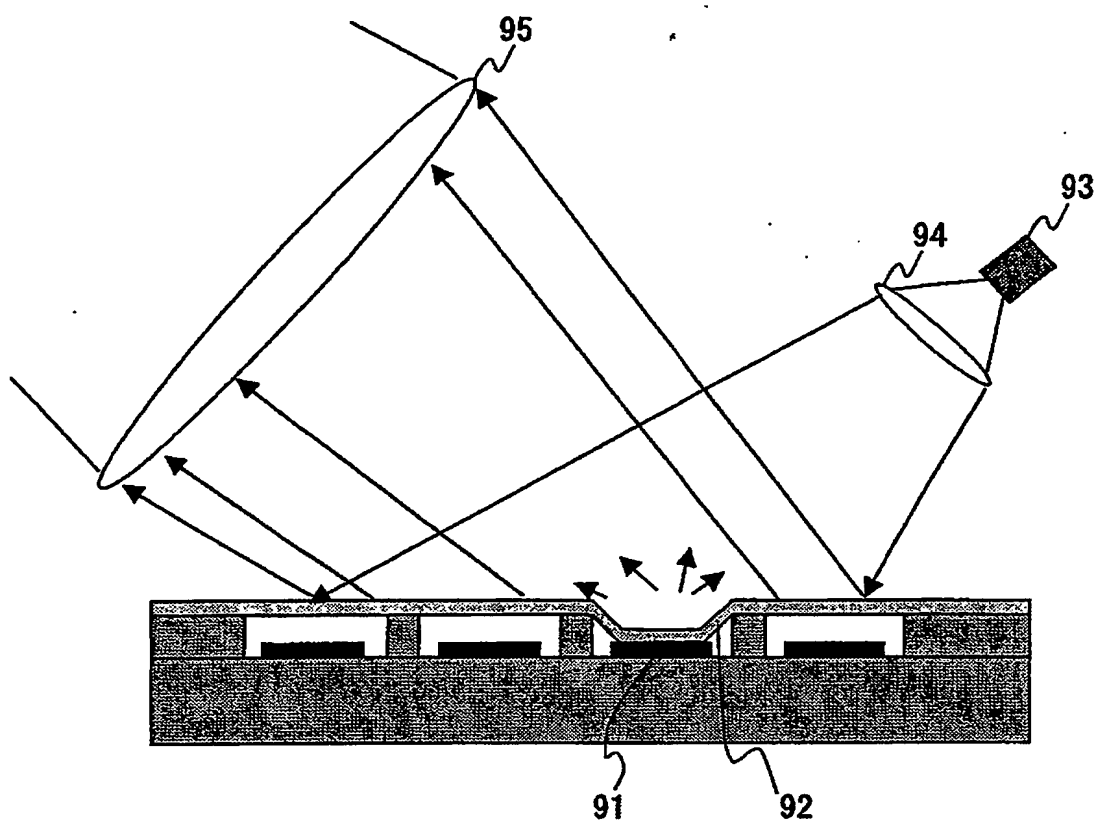


【図17】



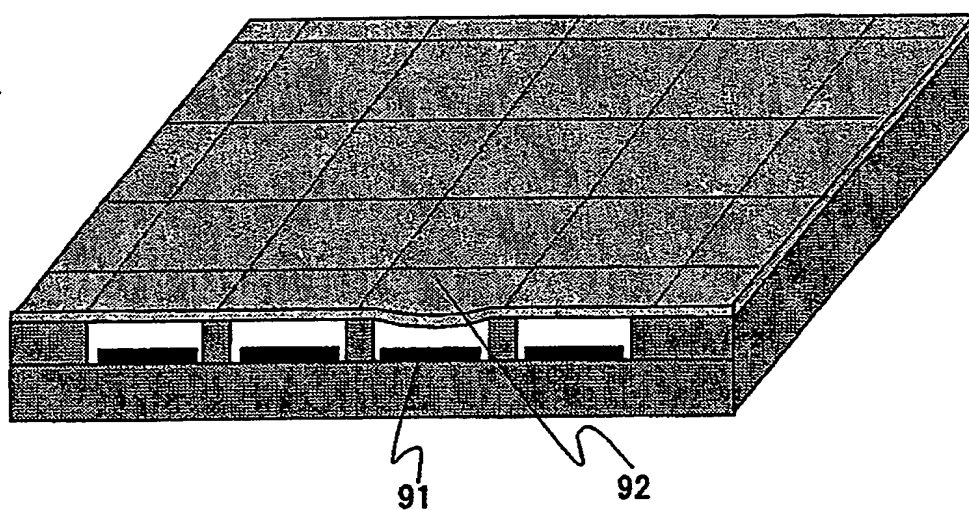
BEST AVAILABLE COPY

【図 18】



BEST AVAILABLE COPY

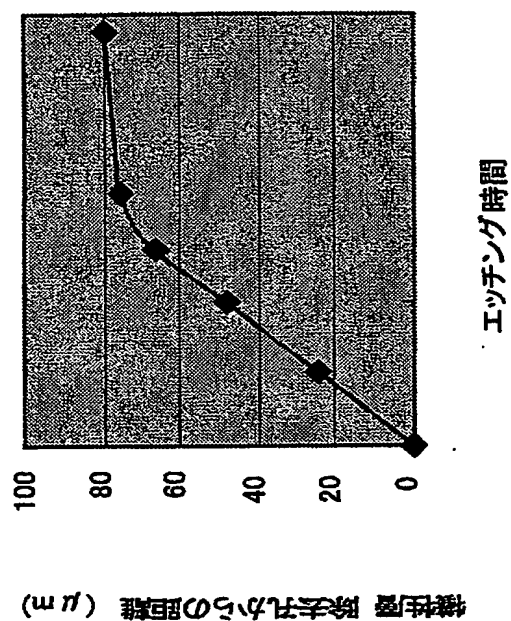
【図 19】



BEST AVAILABLE COPY

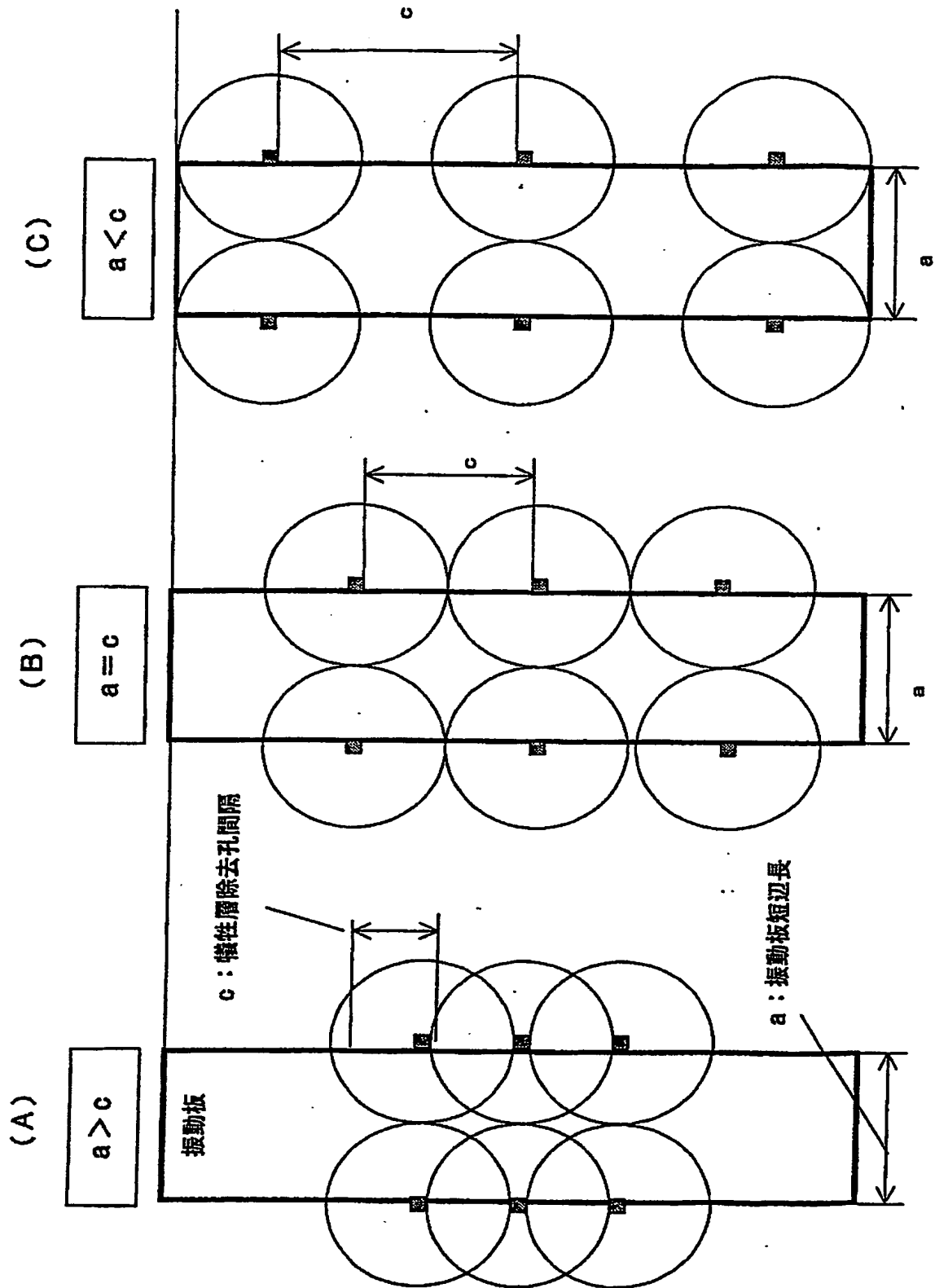


【図 20】

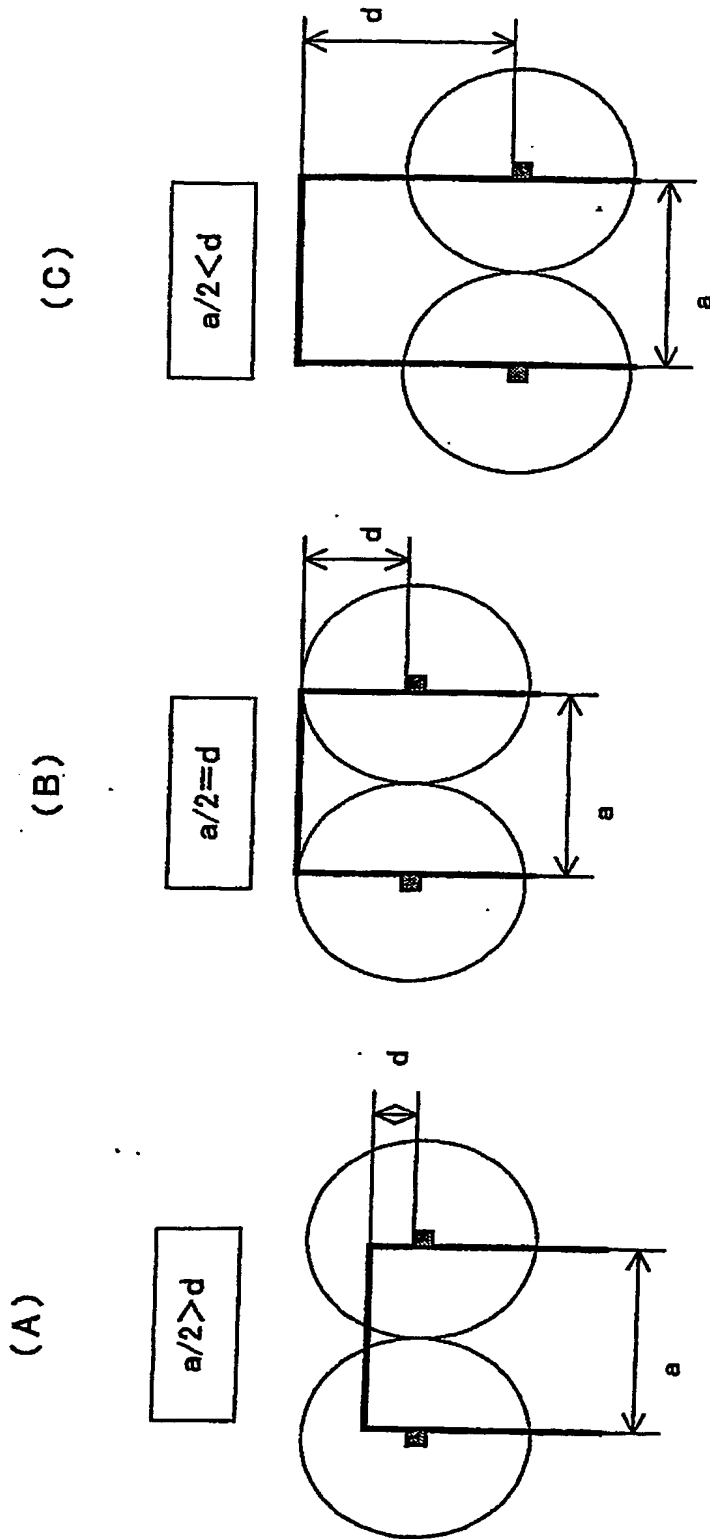


BEST AVAILABLE COPY

【図 21】



【図 22】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 静電気力により振動板を振動させるアクチュエータにおいて、個別電極と振動板間の空隙を犠牲層プロセスによって形成し、特性のバラツキが少なく、低電圧駆動が可能なアクチュエータを提供する。

【解決手段】 アクチュエータは、静電力で変位する振動板 5 と、振動板 5 に  $0.2 \sim 2.0 \mu\text{m}$  の空隙 7 を介して対向する個別電極 4 から構成される。振動板の短辺長は  $150 \mu\text{m}$  以下に形成され、空隙 7 は振動板の長辺に沿って設けられた犠牲層除去孔を用いてドライエッチングを行う犠牲層プロセスによって形成される。インクジェット記録装置のインク滴吐出装置は、アクチュエータからなる第 1 の基板 1、吐出室 6 を有する第 2 の基板 2、ノズル孔 8 を有する第 3 の基板 3 の積層構造である。

【選択図】 図 1

特願 2002-270139

出願人履歴情報

識別番号

[000006747]

1. 変更年月日      1990年 8月24日  
[変更理由]      新規登録  
住 所      東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
氏 名      株式会社リコー
  
2. 変更年月日      2002年 5月17日  
[変更理由]      住所変更  
住 所      東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
氏 名      株式会社リコー